7954
34232/B
94

15178

ESSAI

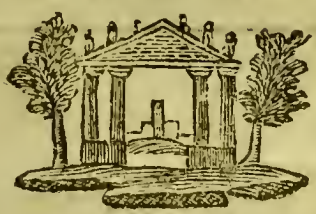
SUR

L'ART DE LA VERRERIE.

PAR LE C. LOYSEL,

Associé de l'Institut National des Sciences et des Arts, l'un des régisseurs de l'Enregistrement et du Domaine National.

PRIX, 5 francs pour Paris, et 6 francs, franc de port, pour les Départemens.



PARIS.

AN VIII.

SE TROUVE A PARIS,

A l'Imprimerie des Instructions Décadaires sur l'Enregistrement, Recueil des Lois et Guide des Notaires, rue Augustin, N°. 917.

Au Bureau des Instructions Décadaires, rue Projettée-Choiseul, N°. 1.

Et chez les C^ns. DESENNE, libraire, Palais-Égalité, N°. 2.

Et PERNIER, rue de la Harpe, N°. 188.

WELLCOME HISTORICAL MEDICAL LIBRARY

DISCOURS PRÉLIMINAIRE.

L'ART de la verrerie a été connu dès la plus haute antiquité. Les verreries des Phéniciens étaient célèbres il y a plus de trois mille ans. On y exécutait des ouvrages en verres fins qui donnèrent lieu à un commerce considérable, dont l'entrepôt était à Sidon et à Tyr. On y fabriquait des verres de couleur imitant les pierres précieuses naturelles, ce qui suppose des connaissances étendues sur l'emploi des substances métalliques dans la vitrification, et par conséquent celle des verres pesans ou cristaux, soit blancs, soit colorés. On savait appliquer l'or sur le verre, le travailler au tour, le tailler, etc. Ainsi, tout ce que la physique moderne nous a appris à exécuter dans l'art de la verrerie, était connu des Phéniciens. La nature avait mis à leur disposition les matières premières dont ils pouvaient avoir besoin. Des forêts con-

sidérables fournissaient le combustible. Plusieurs fleuves et notamment le Belus offraient le plus beau sable; enfin, l'Egypte procurait pour fondant le *natrum*, et les côtes maritimes, des soudes de diverses qualités. Avec tant de moyens, un génie industrieux et commerçant, il n'est pas étonnant que les Phéniciens aient porté l'art de la verrerie à un si haut dégré de perfection. Malgré les guerres fréquentes qu'ils eurent à soutenir, les ravages causés par des tremblemens de terre et la conquête que les Arabes Musulmans firent de ce pays, au septième siècle de l'ère chrétienne, la pratique de l'art de la verrerie s'y était conservée. C'est de là qu'elle passa heureusement en Europe, du tems des croisades, aux douzième et treizième siècles, cent ans, à-peu-près, avant l'invasion des Mammelucks qui ravagèrent tout le pays.

La puissance navale et le commerce des Vénitiens avaient beaucoup d'analogie avec celles des anciens Phéniciens:

aussi Venise profita-t-elle particulièrement de l'émigration des artistes refugiés de l'Asie. Venise eut des verreries à l'instar de la Phénicie.

On ignore si les Phéniciens fabriquaient des miroirs de verre, et si cette branche d'industrie fut apportée par eux en Europe; mais Venise ne tarda pas à fonder la première manufacture de glaces qui y ait existé. Cette branche d'industrie y est restée exclusivement concentrée pendant plus de quatre siécles.

Quelques vases de verre commun, trouvés dans des tombeaux anciens, dans la forêt de St.-Gobain, font présumer qu'il a pu autrefois exister, dans les Gaules, des fabriques de verre; mais, soit que ces verres y aient été fabriqués, soit qu'ils y aient été apportés d'ailleurs, ils attestent toutes fois qu'on n'y connaissait que des ouvrages très-communs.

Il faut remonter au tems des croisades pour l'histoire de l'établissement de nos principales verreries. Jusqu'au dix-sep-

tième siècle, on n'a su y fabriquer que de la gobeletterie commune, des verres à vitre communs en plats, et des bouteilles.

Le ministère de Colbert est l'époque la plus remarquable des progrès de l'industrie en France. Ce grand administrateur a jetté les fondemens de nos principales manufactures : il connaissait toutes les ressources que le territoire français devait procurer un jour pour satisfaire à nos besoins, nous délivrer des tributs que nous payions à l'industrie étrangère, et la soumettre elle-même aux nôtres; enfin, combien l'aisance des citoyens, la population et la force d'un état dépendent de ses moyens industriels.

Les manufactures à feu, sources principales de toutes les autres, furent encouragées par lui; et, dans ce nombre, les fabriques de verre fixèrent particulièrement son attention; il voulut qu'elles ne le cédassent en rien à celles des Vénitiens. Ses intentions furent bientôt remplies, le

succès surpassa même les espérances qu'on en avait conçues : des artistes français, établis à Venise, avaient eu occasion de prendre, à Murano, une connaissance exacte des procédés qu'on y employait pour la fabrication des glaces ; l'amour de leur pays et la réputation de Colbert les fit rentrer en France, avec l'espoir de l'enrichir de cette branche brillante de commerce et d'industrie. Le ministre les accueillit, et les autorisa à choisir le local qu'ils croiraient le plus convenable à leur entreprise.

La physique formait à peine alors un corps de doctrine parmi nous. Les connaissances chimiques étaient d'ailleurs trop peu avancées pour hasarder la moindre innovation dans les opérations de cet art. Ces hommes prudens s'attachèrent avec scrupule à imiter jusqu'au site du local, la position des atteliers, relativement aux courans d'air.

En 1665 ils se fixèrent à Tourlaville, près Cherbourg (départ. de la Manche),

situation qui leur donnait encore la facilité de faire arriver avec économie, par mer, les matières premières, et d'expédier les ouvrages fabriqués.

Leurs travaux obtinrent le succès qu'ils s'en étaient promis. La renommée leur donna une célébrité méritée, et les amateurs des sciences et des arts s'empressèrent à l'envi de les visiter.

Les plus grandes glaces que l'on fabriquait à Tourlaville étaient d'environ un mètre et un quart. Cependant le goût de l'architecture, pour la décoration intérieure des appartemens, fit bientôt désirer qu'on pût se procurer de plus grands miroirs pour leur ornement.

Vingt ans après la fondation de la glacerie de Tourlaville, un artiste français, ingénieux, que l'on croit s'être appellé Abraham Thevart, inventa le coulage des glaces, au moyen duquel il put en fabriquer de près de trois mètres de hauteur. Il forma son premier établissement à Paris, dans le faubourg Antoine; mais

le haut prix du combustible et de la main-d'œuvre l'obligèrent bientôt à transporter son industrie loin de cette grande ville. Il demanda au gouvernement et obtint de transporter son établissement à St.-Gobain (département de l'Aisne), où il se fixa en 1691, et jetta les fondemens de la manufacture la plus importante de ce genre qui existe encore aujourd'hui.

A l'exception des compositions ou mêlanges de matières vitrifiables, tout avait été a créer par l'inventeur du coulage du verre. Il fallut des atteliers et des outils particuliers, changer les dimensions des fours de fusion, des creusets et des fourneaux de recuisson, établir de nouvelles manœuvres pour le travail du verre et ses apprêts. Le génie du même artiste surmonta tous ces obstacles, ne laissant à ses successeurs qu'à perfectionner son ouvrage à mesure que la physique ferait des progrès.

Tant de succès de la part des Français excitèrent l'émulation et la rivalité des

autres peuples. Venise était encore regardée par eux comme la métropole des verreries de l'Europe, comme l'école centrale où il fallait puiser l'instruction dans ce genre. Les Allemands s'empressèrent à leur tour d'aller y chercher des connaissances-pratiques sur le travail du verre. Les chimistes allemands s'attachèrent à la préparation des matières qui pouvaient fournir un verre d'une pâte blanche, et leurs artistes en firent l'application à la fabrication des verres à vitres blancs en manchons, connus encore aujourd'hui sous le nom de verres de Bohême, pays où ce genre d'industrie a pris naissance, et qui n'est qu'une légère modification du soufflage des glaces, tel qu'il existait à Venise.

Tandis que les opérations chimiques de l'art de la verrerie se perfectionnaient chez les autres peuples et dans les petites verreries françaises, le coulage des glaces est resté pendant plus de 60 ans dans l'état où son inventeur l'avait laissé. Le privilège exclusif dont jouissaient les intéressés

dans la manufacture des glaces en était la cause principale ; mais il leur fallut bien enfin sortir de cet engourdissement, lorsqu'il s'établit d'autres manufactures de coulage, en France, en Espagne, en Allemagne et en Angleterre. On examina chaque partie séparément, on profita des lumières d'une méchanique raisonnée, et l'on fit aux préparations des matières premières l'application des principes de la chimie. Tous ces changemens furent dirigés par d'habiles artistes, et leur succès a continué d'assurer jusqu'ici, à cette manufacture, la supériorité sur ses concurrens.

La méthode du coulage permet de mettre en œuvre des masses considérables de verre. La manufacture de St.-Gobain s'est distinguée de toutes les autres par la grandeur des glaces qu'elle fournit. C'est-là qu'avaient été fabriquées les deux glaces qui ont servi à exécuter le fameux verre ardent du Louvre, employé à réunir les rayons du soleil, et qui procu-

rait un dégré de chaleur jusqu'alors inconnu; cette lentille creuse ayant été cassée, le gouvernement, pour la remplacer et pour obtenir encore un plus grand dégré de chaleur, a fait fabriquer à St-Gobain un plateau de verre massif de deux mètres de diamètre sur 0,067 d'épaisseur. C'est l'ouvrage en verre le plus considérable que l'on connaisse. Il pèse plus de 500 kilogrammes.

Les Anglais ont tenté à grands frais de rivaliser avec nous sur la fabrication des glaces. Ils n'ont pu jusqu'ici le faire avec avantage; mais ils nous ont devancé dans celle des cristaux ou verres pesans. La difficulté de faire ce beau verre blanc en fondant et travaillant à pots découverts, l'orsqu'on brûle de la houille ou charbon de terre les a obligés à ne faire usage que de pots couverts pour leur verrerie blanche; et comme dans le même four la chaleur est beaucoup plus faible dans l'intérieur d'un pot couvert que dans celui qui ne l'est pas, on ne peut employer

dans les pots couverts que des matières très-fusibles; aussi les verres blancs Anglais sont-ils tous chargés d'oxides métaliques. Voilà pourquoi ils ont dû tourner de préférence leurs recherches vers la fabrication des cristaux ou verres pesans ; mais tout ce que peuvent les Anglais, à cet égard, nous le pouvons et l'exécutons: nos fabriques de cristaux quoiqu'établies plus tard ne le cèdent en rien à celles d'Angleterre ; et les verreries du continent alimentées avec du bois, au lieu de houille, conservent jusqu'ici l'avantage exclusif de la fabrication des verres blancs légers, elles en jouiront aussi long-tems que le bois ne leur manquera pas.

Les connaissances-pratiques de l'art de la verrerie ont fourni des secours puissans pour augmenter nos jouissances. C'est ainsi que les fabriques de verre ont donné lieu à l'usage des vases de diverses espèces pour nos usages domestiques, aux vases d'ornemens et aux miroirs qui embellissent nos appartemens, à celui des vitres

qui nous font jouir des bienfaits vivifians de la lumière sans être exposés aux injures du tems; nous leur devons les instrumens les plus précieux de la physique moderne, les vases et instrumens qui servent au chimiste à découvrir et imiter les procédés de la nature, à se procurer et conserver les réactifs les plus puissans, la fabrication des lunettes pour suppléer au défaut naturel de nos yeux, ou à celui qu'occasionne le travail ou la vieillesse sur ces organes; la matière qui a servi à construire les lunettes d'approche, auxquelles sont dues les découvertes modernes de l'astronomie, ses progrès et ceux de la navigation; enfin, c'est par le moyen d'un prisme de verre que Newton analysa la lumière et jetta les fondemens de l'optique.

Le perfectionnement des arts et particulièrement de celui de la verrerie est intimement lié aux progrès des sciences physiques. Vingt siécles de barbarie pendant lesquels les sciences ont été étouffées,

ont dû produire le même effet sur les arts; on n'avait pu en conserver que quelques procédés devenus des secrets pour des artistes plus occupés d'un travail manuel que de spéculations théoriques. A la renaissance des sciences, ces procédés furent recueillis, mais sans former un véritable corps de doctrine propre à diriger les artistes. L'ouvrage de Néri sur l'art de la verrerie est un des premiers qui ait reveillé l'attention sur ses différentes branches. Il a servi de manuel à presque toutes nos fabriques; mais on y trouve peu de choses sur ce qui constitue les principes de l'art. La collection des arts et métiers de l'académie des sciences, et celle de l'encyclopédie sont les dépôts précieux qui transmettront à la postérité l'état actuel de notre industrie. Que de peines et de dépenses, l'antiquité nous eut épargnées, si elle eût pris les mêmes précautions! mais ce n'est que depuis l'impulsion donnée à la chimie dans ces derniers tems que l'on a pu comparer les divers

phénomènes que présente l'art de la verrerie.

Les travaux de MM. Pott et Achard, en Allemagne; ceux de Scheele et Bergmann, en Suède; des citoyens d'Arcet, Boscdantic et des autres chimistes, en France, mettent aujourd'hui les artistes à même de diriger leurs travaux, d'après une connaissance raisonnée et solide des principes de la physique. Le but que je me suis proposé, est de rassembler ces principes, et d'en indiquer l'application aux principaux phénomènes et à la pratique de l'art.

TABLE

DES MATIERES.

	Art.	pag.
DISCOURS préliminaire, contenant l'histoire de l'art de la verrerie en Europe,		j
Introduction,	1	1
Des différentes espèces de verre,	1	1
Matières premières pour la fabrication du verre,	2	2
Conditions générales pour la fabrication du verre,	3	3
Division de l'ouvrage, en neuf parties,	3	3
PREMIÈRE PARTIE,		3
Du choix, de la préparation et de l'emploi des substances propres à la fabrication des fourneaux et des creusets,	4	5
Qualités que ces substances doivent posséder,	4	5
Emploi de l'argile pour ces fabrications,	4	5
Propriétés qui distinguent l'alumine,	4	6
Fusibilité de l'alumine par son mélange avec d'autres substances,	5	6
Explication de ce phénomène,	6	8
Art d'essayer les argiles propres aux constructions de l'art de la verrerie,	8	11
Méthode de Bergmann, appliquée à l'essai des argiles,	10	11

	Art.	pag.
Esssai de la qualité réfractaire de l'argile, par la voie sèche,	12	17
Essai de la tenacité de l'argile,	15	22
Description d'un appareil propre à déterminer la tenacité de l'argile,	17	24
Loi qui règne entre la tenacité de différens mélanges d'argile et de ciment, à raison des proportions d'argile et de ciment de chaque mélange,	18	26
Méthode analytique pour déterminer la tenacité de l'argile (note I)	164	226
Minimum de la tenacité de l'argile pour les différentes parties du four de fusion et pour les creusets,	19	28
Epaisseur à donner aux pots d'après leur dimension et la tenacité de la matière dont ils sont composés,	20	29
La tenacité croît à mesure que la température augmente,	21	31
Formule analytique pour déterminer le dégré de température d'un fourneau par la tenacité de l'argile (Note II)	165	227
Application de cette méthode à différens fourneaux,	166	229
L'alumine perd sa ductilité par la cuisson. Moyen de la rétablir,	22	34
Force avec laquelle l'argile retient l'humidité,	35	35
Diminution de poids, à différens dégrés de cuisson,	24	35
Force avec laquelle l'argile sèche attire l'humidité de l'athmosphère. Détermination de cette quantité,	25	36

	Art.	pag.
Retraite de l'alumine par la cuisson,	26	37
Retraite de l'argile par la cuisson,	27	39
Méthode d'approximation pour déterminer la retraite de l'argile, à raison de la quantité d'alumine qu'elle contient (note III)	168	231
Augmentation de la porosité de l'argile par son mélange avec du ciment. Détermination de cette quantité,	28	41
Mélanges d'argile et de ciment, ou d'argile et de sable, propres aux constructions des différentes parties du four de fusion et des creusets,	29	42
De l'extraction des terres.		46
Méthode employée pour cet objet,	30	44
De la préparation des terres,		46
Déchet de l'argile, soit en séchant, soit par l'épluchage,	31	47
Consistance de la pâte propre à la fabrication des tuiles des fours et à celle des creusets,	32	49
De la construction des fours de fusion,		51
Construction en briques molles,	34	52
Construction en briques sèches ou cuites,	35	52
De la fabrication des pots,		57
Précautions pour leur dessèchement, leur conservation et leur cuisson,	36	59

	Art.	pag.
DEUXIÈME PARTIE.		62
Du choix et de l'emploi des substances combustibles et du rapport que doivent avoir entr'elles les principales dimensions du four de fusion,		62
De la combustion, en général,	37	62
Classification des diverses espèces de combustible,	38	65
Rapport, déterminé par expérience, entre les quantités de bois de hêtre et de houille des mines d'Auzin, près Valenciennes, pour obtenir la même chaleur,	38	72
Exposé des divers élémens de la question à résoudre pour obtenir la plus grande quantité de chaleur, par le moyen des matières combustibles,	38	73
Machine de Dalesme, propre à brûler la fumée,	40	75
Moyens pour diminuer la dissipation de la chaleur d'un lieu déterminé,	45	82
Principales dimensions d'un four de fusion qui produit un grand effet,	46	87
TROISIÈME PARTIE.		88
De la température des fourneaux.		88
Inégalité de température dans des fourneaux semblables et dans différens points de la capacité du même fourneau,	47	
Courbure de la voûte des fourneaux de fusion,	48	89

	Art.	pag.
La réflexion de la flamme n'est point la cause principale de la différence de température des différens points de la capacité d'un fourneau,	49	90
La Réflexion de l'ardeur rayonnante ne l'est pas non plus,	50	92
Cette différence dépend principalement de deux causes à-la-fois,	51	93
La première vient du mouvement de translation de la flamme,	51	93
La seconde vient d'un mouvement propre à chaque molécule,	52	95
L'action de cette dernière se propage en ligne droite. Elle est en raison inverse du quarré des distances au point ardent,	52	96
Application de ces principes à la détermination du rapport entre les dégrés de température de plusieurs fourneaux de figures semblables,	53	97
Application aux fourneaux sphériques,	54	98
Application aux fourneaux hémisphériques,	55	99
Méthode analytique pour déterminer le rapport entre les dégrés de température de différens points situés sur l'axe d'un disque ardent, en supposant l'action de la chaleur en raison inverse du quarré des distances, (Note IV.)	169	231
Méthode générale, quelle que soit la loi de la propagation de la chaleur,	173	235
Méthode analytique pour déterminer le rapport entre les dégrés de température de différens points situés sur l'axe d'un solide		

Art. pag.

de révolution rempli de flamme, en supposant l'intensité de la chaleur, en raison inverse du quarré des distances, 174 236
Application aux fourneaux sphériques, 177 238
Application aux fourneaux hémisphériques, 182 240
Méthode générale, quelle que soit la loi de la propagation de la chaleur, 184 241

QUATRIÈME PARTIE. 102

Du choix et de la préparationdes matières vitrifiables. 102

Nomenclature abrégée des substances vitrifiables, 57 102
Aucune terre pure, exposée seule au feu de verrerie, n'y est fusible, 58 102
Le mélange de plusieurs, peut devenir fusible, 58 103
Action de plusieurs sels sur les terres, 59 104
Nomenclature des divers flux ou fondans salins pour la vitrification des terres, 60 104

De la silice. 106

Action de l'alkali fixe sur la silice, à différens dégrés de température, 61 106
Préparation du sable pour la vitrification, 62 110
Effervescence produite par la dissolution du quartz dans l'alkali fixe, 64 111
Minimum de la quantité de silice qui doit rester combinée avec l'alkali fixe pour que le verre soit transparent, 65 113
Qualités du verre composé de silice et d'alkali, 66 115

	Art.	pag.
De la chaux.		117
Différence entre la chaux vive et le carbonate de chaux dans leur emploi pour la vitrification,	67	117
Qualités que la chaux donne au verre,	68	118
Action de l'alkali fixe sur la chaux,	69	120
Séparation d'une partie de la chaux par le refroidissement, lorsqu'elle est employée en trop grande dose,	69	120
Limites dans lesquelles on doit restrindre l'usage de la chaux,	69	121
De l'alkali fixe.		124
De la potasse.		125
Substances desquelles on la retire communément,	71	125
Description du lessivage des cendres pour en extraire la potasse,	72	127
Vaisseaux propres à la préparation de la potasse,	73	130
Méthode pour déterminer la quantité d'alkali contenu dans la potasse du commerce,	74	130
Inconvéniens des sels neutres qui se trouvent dans la potasse du commerce. Moyens de la purifier,	75	131
De la soude.		134
Substances desquelles on l'extrait,	76	134
Décomposition du muriate et du sulfate de soude, pour en extraire l'alkali,		135
Procédé des cit. Dizé, Leblanc et Shée, (note V.)	188	245
Procédé du cit. Malherbe,	189	249

	Art.	pag.
Procédé des cit. Chaptal et Bérard,	191	254
Description du lessivage de la soude brute,	77	136
Températures des différentes lessives,	78	142
Quantité d'alkali qu'elles contiennent,	79	143
De la calcination.		144
Ses effets sur l'alkali fixe.	80	144
Comparaison entre la potasse et la soude.		147
Parties constituantes des cristaux de potasse et de la potasse calcinée,	81	147
Parties constituantes des cristaux de soude et de la soude calcinée,	82	148
Principes à suivre pour déterminer les doses d'alkali convenables dans les compositions de matières vitrifiables,	83	149
Compositions de matières vitrifiables.		152
Pour le verre blanc fait avec la soude,	86	153
Verre blanc avec la potasse,	87	154
Verre à pivettes,	88	155
Verre commun demi-blanc fait avec la soude brute,	89	155
Verre en tables, façon de Bohême, avec la potasse,	90	156
Verre à vitres en manchons,	91	157
Verre à vitres, avec la soude de Vareck,	92	158
Verre à bouteilles, avec la soude de Vareck,	93	158
Verre à bouteilles avec des charrées et de l'argille,	94	159
De la fritte.		160
Ses effets, le dégré de feu qu'elle exige et les fourneaux qui conviennent à cette opération,	96	160

	Art.	pag.
CINQUIÈME PARTIE.		165
Des substances propres à purifier le verre.		165
Du nître.		166
Ses effets dans les compositions chargées de matières charbonneuses,	98	166
Ses effets dans celles qui sont chargées d'oxides métalliques,	99	167
De l'oxide de manganèse.		168
Couleur qu'il porte dans le verre. Son action sur les compositions chargées de matières charbonneuses, sur l'oxide d'arsenic et sur plusieurs autres oxides métalliques,	101	168
Sa fusibilité	101	170
De l'oxide d'arsenic.		171
Son action sur les compositions chargées de matières charbonneuses,	102	171
SIXIÈME PARTIE.		
De la fusion des matières vitrifiables.		173
De la température convenable pour enfourner,	103	173
Nombre des fontes et durée de chacune,	104	174
Précautions relatives aux creusets neufs,	104	175
Affinage du verre,	105	175
Travail du verre,	106	176
Fragilité des ouvrages formés de verres différens,	107	178
De la recuisson du verre.	108	199
Des principaux defauts qui se trouvent dans les ouvrages de verre.		183
Des stries,	109	183
Des fils,	110	185

Art. pag.
Des larmes, 111 185
Des cordes, 112 185
Du bouillonnage et des bouillons, 113 186
Des nœuds, 114 187

SEPTIÈME PARTIE.

De la fabrication du cristal. 188
Matières premières qui entrent dans sa composition, 115 188
Combinaison des oxides métalliques avec la silice et l'alkali fixe, 115 188
Préférence donnée aux oxides de plomb et particulièrement au *minium*, 116 189
Augmentation de poids absolu du plomb et diminution de pesanteur spécifique en passant à l'état d'oxide, 117 189
L'oxide de plomb fondu dissout la silice. Quantité dont il se charge pour en être saturé, 118 190
Dégré de feu convenable pour la fabrication du cristal, 118 190
Couleur du verre surchargé d'oxide de plomb, 119 191
Facilité de sa réduction en métal par les matières charbonneuses, 120 191
Fusion, à pots découverts, en brûlant du bois, 121 192
Fusion, à pots couverts, en brûlant de la houille, 122 192
Durée des fontes et de l'affinage, 123 194
Compositions de cristal. 194
Dans des pots découverts, en brûlant du bois, 124 194
A une température plus basse, dans des pots couverts, en brûlant de la houille, 125 195

Art. pag.

Compositions pour imiter des pierres précieuses. 127 176

Pour le diamant, 128 197

Pour les autres pierres précieuses, 129 130 131 198

HUITIÈME PARTIE.

De la pesanteur spécifique du verre, 200

Pesanteurs spécifiques du plomb, de la litharge et du verre de plomb, 133 201

Phénomènes que le plomb présente dans son passage par ces divers états, 133 201

L'oxide de plomb seul ne se convertit point en verre par l'action du feu. Nécessité de sa combinaison avec une autre substance, 134 203

Evaluation, par approximation, de la densité de l'oxigène combiné dans la litharge, 135 204

Combinaison du calorique dans le verre, 136 205

La pesanteur spécifique d'un verre composé de silice et d'alkali fixe augmente à mesure qu'il retient une plus grande dose d'alkali dans sa combinaison, 137 206

Règle pour déterminer la quantité d'alkali contenue dans un verre par sa pesanteur spécifique, 138 208

Avantage de cette méthode dans les travaux d'une manufacture, 139 210

Application de la même règle à la détermination de la pesanteur des verres composés de silice et d'oxide de plomb, 140 210

Art. pag.

Application aux lessives alkalines pour connaître, par leur pesanteur, la quantité d'alkali qu'elles contiennent, 141 212

Application à la détermination de la pesanteur spécifique d'un cristal dans la composition duquel il entre du quartz de l'alkali et de l'oxide de plomb, 146 215

Formules analytiques pour ces déterminations (note VI) 192 259

NEUVIÈME PARTIE.

Des verres colorés, 217

Emploi des oxides métalliques pour colorer le verre, 149 218

Compositions.

Pour le verre rouge, { 150 220 / 151 221

Préparation du précipité de Cassius (Note VII) 196 262

Jaune, { 152 222 / 153 222 / 154 223

Préparation de l'oxide d'argent (Note VIII) 205 267

Bleu, { 155 223 / 156 223

Vert, { 157 223 / 158 224

Violet, { 159 224 / 160 224

Opale, 161 224

Blanc opaque, 162 225

Noir, 163 225

Fin de la table.

ESSAI

SUR

L'ART DE LA VERRERIE.

INTRODUCTION.

1. LE verre est le produit qui résulte de la combinaison des substances suivantes, par leur fusion à un feu violent et suffisamment continué :

1°. D'une ou de plusieurs terres avec quelques sels ;

2°. D'une ou de plusieurs terres avec des sels et des oxides métalliques.

3°. D'une ou de plusieurs terres avec des oxides métalliques.

4°. De plusieurs terres entr'elles.

Les travaux en grand, dans l'art de la verrerie, ne s'appliquent qu'à la première ou à la seconde espèce.

La première comprend la classe nombreuse des verres légers, tels que les verres blancs de gobeletterie ordinaire ; ceux employés dans les laboratoires de chimie et des arts, dans les cabinets de physique et pour l'optique ; les verres blancs à vitres et les glaces ; les verres demi-blancs pour la gobeletterie commune, et les verres à vitres communs ; les verres verds à bouteilles, etc. ; les verres légers colorés, pour des vases d'ornement ou pour des vitres.

La seconde espèce comprend la classe des cristaux ou verres pesans tels que la gobeletterie en cristal, les lustres, et certains verres d'optique, les cristaux colorés, employés en vases d'ornement ou pour imiter les pierres précieuses.

2. Les matières premières employées à la fabrication des verres légers blancs, demi-blancs et à bouteilles, sont la terre siliceuse ou plutôt le quartz, la terre calcaire ou bien la chaux et l'alkali fixe.

Les matières propres à la fabrication du cristal sont le quartz, l'alkali fixe et un oxide métallique (communément l'oxide rouge de plomb, connu sous le nom de *minium*.)

Quant aux couleurs à porter dans le verre,

c'est par le moyen des oxides métalliques qu'on y parvient.

Les qualités qui distinguent chaque espèce de verre ont donné lieu aux différentes branches de l'art de la verrerie ; mais toutes les fabrications reposent sur des principes communs qui font l'objet principal de cet ouvrage, et dont j'aurai soin de faire l'application à chacune.

3. La fabrication du verre exige des fourneaux et des creusets dont la matière résiste à l'action du feu et des flux ou fondans, sans se fondre eux-mêmes. Il faut un feu actif et long-tems continué pour opérer la vitrification, un choix et des préparations particulières de matières pour chaque espèce de verre ; enfin, des précautions pour sa mise en œuvre et sa recuisson.

Ces conditions et les qualités propres à chaque espèce de verre ont donné lieu à la division de cet ouvrage en neuf parties.

La première, traite du choix, de la préparation et de l'emploi des substances propres à la fabrication des fourneaux et des creusets ;

La deuxième, du choix et de l'emploi des substances combustibles, et du rapport que doi-

vent avoir entr'elles les principales dimensions du four de fusion ;

La troisième, du dégré de feu ou de la température des fourneaux ;

La quatrième, du choix et de la préparation des matières vitrifiables ;

La cinquième, des substances propres à purifier le verre ;

La sixième, de la fusion des matières vitrifiables.

La septième, de la fabrication du cristal ou verre blanc pesant ;

La huitième, de la pesanteur spécifique du verre ;

La neuvième, des verres colorés.

PREMIERE PARTIE.

Du choix, de la préparation et de l'emploi des substances propres à la fabrication des fourneaux et des creusets.

4. LA matière des fourneaux et des creusets doit réunir à-la-fois trois conditions principales :

La première, d'être infusible au dégré de feu qu'on doit employer pour la vitrification qu'on se propose ;

La seconde, de ne se laisser que peu ou point attaquer par les compositions de matières vitrifiables en fusion ;

La troisième, de pouvoir prendre et conserver les formes les plus avantageuses aux constructions.

L'argile possède ces qualités au plus haut dégré. Aussi, quoiqu'on fasse usage du grès dans quelques verreries, pour la construction des fours de fusion ou de quelques-unes de leurs

parties ; quoiqu'on mêle du quartz avec l'argile, pour ces mêmes constructions, cependant l'usage de l'argile a prévalu, presque par-tout, pour la construction des fourneaux, et elle est généralement employée pour la fabrication des creusets.

L'argile la plus pure est au moins composée de deux substances, d'alumine et de quartz ; chacune d'elles est infusible au feu de nos fourneaux, soit séparément, soit conjointement ; mais les autres propriétés de l'argile dépendent de la proportion d'alumine qui s'y trouve. C'est elle qui lui donne la ductilité qui la distingue de toutes les autres terres, et la rend si précieuse.

Si les argiles naturelles ne contenaient que les deux substances précédentes, nous n'aurions à nous occuper qu'à en reconnaître les proportions; mais le plus souvent il s'y en trouve d'autres qui en altèrent les qualités.

5. Quoique l'alumine seule soit infusible au feu de nos fourneaux, néanmoins son mélange avec d'autres terres ou avec des substances salines ou métalliques peut la rendre fusible. Il n'y en a même que très-peu qui n'altèrent pas sa qualité réfractaire.

Toutes les fois que l'alumine se trouve mêlée

avec des substances fusibles par elles-mêmes et, qui sont assez fixes pour ne se dissiper qu'au feu de verrerie ou même y résister, les ouvrages qui en résultent perdent leur solidité. Ainsi, ces mélanges ne peuvent être employés ni à la fabrication des fourneaux, ni à celle des creusets: il n'est pas même nécessaire qu'il y ait combinaison entre l'alumine et ces substances fusibles, ou dissolution de l'une par les autres; il suffit que les substances fondues puissent pénétrer au travers des pores de la masse d'alumine, en séparer les parties et les tenir suspendues, comme il lui arrive à la température ordinaire, lorsqu'elle est délayée et suspendue dans l'eau.

Les substances précédentes ne sont pas les seules dont le mélange avec l'alumine puisse détruire la solidité des ouvrages qui en sont formés. D'autres substances fixes et infusibles seules au feu de verrerie peuvent produire le même effet. La terre calcaire est dans ce cas. Exposée seule au feu de verrerie, elle ne perd que son acide carbonique, se convertit en chaux et y reste entièrement infusible; mais son mélange avec l'alumine, autre substance réfractaire, devient fusible. Il en résulte une véritable combinaison de l'une avec l'autre, une vitrification complette. Il en est

de même du mélange en proportions convenables, de la terre calcaire avec l'argile composée d'alumine et de quartz.

Ces phénomènes étaient inexplicables dans les principes de l'ancienne chimie. Il a même fallu des exemples frappans, tirés de quelques autres substances, pour dissiper tous les doutes qu'on s'efforçait d'élever sur les résultats. C'est ainsi que le citoyen d'ARCET a fait voir qu'un alliage de plomb, de bismuth et d'étain devenait mou, au point de se laisser pétrir à la chaleur de l'eau bouillante, quoique chacun de ces métaux, pris séparément, ne soit fusible qu'à un dégré de feu très-supérieur.

6. La fusibilité de ces sortes de mélanges a été expliquée en général, d'une manière satisfaisante, par le citoyen LAPLACE.

Selon lui, une substance est infusible parce que ses molécules sont adhérentes entr'elles, et qu'elles sont retenues par la force d'agrégation qui ne peut être vaincue par la force expansive du calorique; de sorte qu'on peut considérer ces deux forces comme opposées. Si une autre substance agit par son affinité sur les molécules de celle qui était infusible, alors elle concourt

avec l'action de la chaleur pour opérer la désunion de ses parties ; et si l'on représentait ces trois forces par des nombres, il faudrait opposer au nombre qui représenterait la résistance de l'agrégation, ceux qui représenteraient l'action de la chaleur et celle de l'affinité de la seconde substance.

7. Du choix et de la préparation de l'argile dépend la bonté des constructions des fourneaux et des creusets. On ne doit donc rien négliger pour s'assurer si elle jouit des qualités qui la rendent propre à cet usage, puisque sans cette précaution, toutes les dépenses d'une fabrication peuvent être entièrement perdues.

8. Jusqu'ici on n'a point connu dans les verreries, l'art d'essayer les argiles. Le coup-d'œil et l'habitude ont seuls décidé de leur emploi ou de leur exclusion. Cette partie est restée abandonnée à l'insouciance, tandis que celle de la vitrification faisait des progrès rapides. La cause s'en trouve sans doute dans l'ingratitude des travaux préliminaires, toujours moins attrayans que le résultat de belles vitrifications.

Avant de procéder à l'essai de l'argile, on commence par l'éplucher. Cette opération consiste à en séparer les corps étrangers, sensibles à

la vue, par le moyen d'un couteau ou le tranchant d'un marteau, lorsqu'elle est sèche, et après l'avoir réduite en morceaux de la grosseur du doigt. Ceux qui s'y rencontrent le plus communément sont des morceaux de charbon, de l'oxide de fer rouge ou jaune, du sulfure de fer, sous forme de pyrites, substances qui se sont introduites entre les bancs d'argile ou dans les fentes qui les séparent. Il faut encore mettre de ce nombre les morceaux ou grains de sable sur lequel le banc d'argile repose le plus souvent.

Si les pyrites sont trop petites ou trop abondamment répandues dans l'argile pour qu'on puisse les en séparer par cette première opération, il faut la faire fondre dans l'eau et l'y délayer sous forme de coulis liquide. On passe le coulis au travers d'un tamis de toile fine de crin. Les pyrites restent sur le tamis. On fait ensuite sécher le coulis, soit à l'air libre, soit sur le feu, en faisant évaporer l'eau.

Ce moyen est suffisant pour les essais en petit; et j'expliquerai ailleurs la méthode d'en séparer l'eau dans les travaux en grand.

De l'essai des argiles.

9. Les propriétés d'une argile dépendent essentiellement de ses parties constituantes. Le premier pas à faire est donc de reconnaître qu'elles sont ces parties constituantes et qu'elle est la dose respective de chacune. La méthode suivante, extraite de la dissertation de BERGMANN, sur la terre des Gemmes, en fournit les moyens :

Méthodes par laquelle on découvre très-facilement les parties constituantes des Gemmes, par BERGMANN, *appliquée à l'essai des argiles.*

10. A.] Il faut d'abord les réduire en poudre la plus subtile que puisse donner la trituration et la lévigation.

(Pour l'argile, il faut d'abord la réduire en poudre par la trituration, et la faire sécher à la température de l'eau bouillante, ou à-peu-près.)

B.] On mêle une quantité déterminée, en poids, de cette poudre avec le double de soude tombée en efflorescence à l'air ; l'opération est d'autant plus sûre que la quantité de soude est plus considérable.

C.] On place ce mélange dans une petite

coupe de fer, dont la cavité est nette et polie, afin que les aspérités, qui se séparent facilement du métal par la calcination, ne s'attachent pas à la masse et n'y portent pas une matière étrangère.

D.] On met la petite coupe au fourneau à air sur une tourte, et on renverse dessus un creuset pour empêcher l'ascession des charbons et des cendres.

E.] On entretient un feu modéré pendant trois ou quatre heures ; si le feu est trop fort la masse adhère au fonds. On doit éviter de se servir de soufflets, qui pourraient boursouffler ou scorifier le fer.

On reconnaît que le feu a été bien conduit quand la masse est ferme, bien réunie, et qu'elle peut néanmoins se séparer du fonds de la coupe, sans en rien emporter. Cela s'apprend facilement par un ou deux essais.

E.] La masse ainsi enlevée avec soin du vaisseau de fer, doit être pulvérisée dans un mortier d'agathe, et ensuite mise dans l'acide muriatique, aidée de la chaleur, pour en extraire tout ce qui est soluble.

On juge qu'il ne reste plus rien à extraire, quand le résidu est devenu léger et spongieux ;

cependant, pour plus de sûreté, on peut ajouter une nouvelle dose d'acide, et examiner si, après plusieurs heures de digestion, il n'a plus rien dissous.

G.] La dissolution achevée, on recueille le résidu; on le lave, on le fait sécher et on le pèse. (C'est la silice.)

Ce qui manque du premier poids indique ce qui a été dissous.

H.] Si la dissolution est jaune, elle annonce la présence du fer; on la reconnaît cependant plus sûrement par le prussiate de potasse parfaitement saturé, avec lequel il faut d'abord le précipiter; on recueille le précipité bleu, on le lave, on le dessèche, et la sixième partie de son poids indique la quantité du fer. (Cette quantité de fer, multipliée par 1,43, indique la quantité d'oxide rouge de fer.)

J.] La dissolution, ainsi privée de la partie métallique, est précipitée par un alkali fixe, dépouillé de tout quartz. Le résidu lavé, desséché, calciné pendant demi-heure, et exactement pesé, on le laisse tremper à froid, environ une heure, dans six fois autant de vinaigre distillé, qui se charge ainsi du calce (de la chaux), de la magnésie et de la baryte, s'il s'en trouve, et qui ne

dissout une quantité sensible d'alumine, qu'à la faveur d'une longue digestion. (Le résidu lavé et desséché indique la quantité d'alumine.)

K.] La dissolution acéteuse filtrée, on précipite par le carbonate de potasse tout ce qu'elle tient de terreux; on édulcore le précipité, on le fait sécher et on le pèse. J'indique à dessein le carbonate de potasse, parce qu'en vertu d'une double affinité, il précipite même la baryte, ce que ne fait pas l'alkali caustique.

L.] On examine alors ce qui a été précipité du vinaigre.

Si on le jette dans de l'acide sulfurique délayé, le sel qui en résulte en indique très-sûrement la base. Avec la baryte, cet acide produit du spath pesant (sulfate de baryte), qui ne se dissout pas, même dans mille fois son poids d'eau bouillante; avec la chaux, il produit de la sélénite (sulfate de chaux) presqu'insipide sur la langue; soluble dans cinq cents fois son poids d'eau chaude, et dont la dissolution laisse précipiter sur-le-champ du saccharte calcaire, par l'addition de l'acide saccharin; avec la magnésie, il forme le sulfate de maguésie ou sel anglais, très-amer, dont l'eau chaude dissout une quantité égale à son poids, et qui est décomposé tout de suite par l'eau de chaux.

N.] J'ai annoncé que le résidu laissé par le vinaigre (sect. J.) était de l'alumine. Pour confirmer ce résultat, on traite ce résidu avec trois fois autant d'acide sulfurique concentré, et on pousse l'évaporation par le feu, jusqu'à siccité. Si la base est alumineuse, la masse restante se dissoudra en entier dans le double de son poids d'eau chaude ; la dissolution manifestera sur la langue une saveur astringente ; elle donnera des cristaux octaëdres ; elle sera précipitée sur-le-champ par l'ammoniaque, et montrera enfin toutes les propriétés qui font reconnaître l'alun.

11. La méthode précédente est remarquable par sa simplicité : on y a fait depuis quelques changemens, notamment pour déterminer, avec plus de précision, les doses de fer et de baryte; parce qu'en effet le prusssiate de potasse, dans l'opération de la section H précipite à-la-fois la baryte, le fer et les autres substances métalliques ; cependant, elle remplit suffisamment notre objet. Quoique l'argile soit rarement exempte de fer et de terre calcaire, cependant si ces deux substances ne s'y trouvent que dans de très-petites proportions, l'argile peut encore résister au feu de nos fourneaux.

Il suffit donc que le maître de verrerie sache, une fois pour toutes, quelle est la plus petite

dose d'alumine et de silice à mélanger avec de l'oxide de fer ou du carbonate de chaux, pour que le mélange commence à n'être plus assez réfractaire pour ses constructions, au dégré de feu qu'il emploie. Autrement il suffit de connaître, par expérience, les parties constituantes d'une seule argile, qui jouisse d'une qualité réfractaire, à peine suffisante, pour résister au feu que l'on doit employer. Ainsi, par exemple, une argile qui, sur 100 parties, en contiendrait au moins 95, tant de quartz que d'alumine, et moins de 5 de carbonate de chaux et d'oxides, pourrait encore être employée dans la plupart de nos petites verreries en verre blanc, dont le feu n'est pas très-actif; mais la proportion d'alumine et de quartz devrait être au moins de 97 sur 100 dans les grands fours de glacerie ou de verre à bouteilles, principalement pour la fabrication des creusets. C'est ce qui rend si rares les argiles propres à l'usage de ces verreries.

Indépendamment de la méthode générale précédente, le maître de verrerie, dont les travaux sont en activité, peut encore avantageusement en employer de particulières, en exposant l'argile au feu de son four de fusion, soit seule, soit mélangée avec les fondans qu'il emploie dans ses compositions de matières vitrifiables.

De l'essai de l'argile, relativement à sa qualité réfractaire, par la voie sèche.

12. Supposons qu'après avoir converti une argile en pâte et l'avoir bien pétrie ou corroyée, on en forme des bâtons parallélipipèdes d'environ 7 à 8 pouces de longueur (environ 0,2 mètres), sur un pouce d'épaisseur (0,027); qu'on les laisse sécher d'abord doucement; qu'on les dresse avec un couteau ou une rape, et, enfin, en les frottant avec du sable, sur une surface plane; qu'on les fasse cuire peu-à-peu; qu'enfin, on les expose dans le four de fusion, suspendus horizontalement aux deux extrémités sur deux supports couverts de sable réfractaire, pendant cinq à six jours, dans un creuset couvert, pour les mettre à l'abri des fumées des fondans; qu'on les fasse ensuite recuire peu-à-peu et refroidir.

Si les bâtons n'ont ni fondu ni plié; si, en les cassant, on ne remarque aucune boursouflure dans leur intérieur, on peut regarder cette argile comme suffisamment réfractaire pour toutes les parties du four qui ne sont pas exposées à l'action des fondans, et qui n'éprouvent pas un dégré de feu supérieur à celui de l'épreuve, telles que les parois du four, connues sous le nom de *mormues*.

La même épreuve peut s'exécuter avec des creusets minces de 5 à 6 pouces de diamètre et de hauteur (1 à 2 décimètres). Mais cette méthode serait insuffisante pour une argile destinée à la construction des siéges, de la voûte du four ou des creusets ; les siéges étant continuellement exposés à l'action, soit d'un bain de verre, soit des matières vitrifiables qui se répandent dessus ; la voûte, à l'action la plus vive du feu et à celle des fondans réduits en vapeurs ; enfin, les creusets à l'action du feu, de la vapeur des fondans, et des matières vitrifiables en fusion.

Celle que je vais exposer est fondée sur des considérations particulières, tirées de la quantité plus ou moins grande de matière fondue dans un flux, et dans un tems déterminé, suivant que cette matière est en grande masse ou bien divisée, ou ce qui revient au même, suivant le plus ou moins de surface qu'elle présente à l'action du flux, et aussi suivant la force d'agrégation qui unit les parties de la matière à fondre.

13. Si l'on met à fondre dans un creuset, au feu de verrerie, un mélange d'une partie d'alkali fixe et deux de quartz, réduit en poudre, la vitrification sera complète ; si, au lieu d'employer le quartz en poudre, il est en morceaux beaucoup plus gros, la vitrification n'aura lieu

qu'à la surface et par couches, de proche en proche. L'action de l'alkali sur cette terre sera lente; en sorte que la portion de cet alkali qui n'aura pas eu le tems de se combiner avec la silice, sera dissipée par le feu. On n'obtiendra qu'une petite quantité de verre, et il restera beaucoup de quartz non fondu.

De même, si l'on emploie un creuset de grès pour contenir des compositions d'alkali fixe et de grès réduit en poudre pour les vitrifier, le même creuset, avant d'être usé, avant que sa matière propre ait pu être elle-même successivement vitrifiée, servira à la vitrification d'un poids cent fois plus grand que le sien, de sable ou de grès de même espèce réduit en poudre.

La même chose arrive, si au lieu d'employer des creusets de grès et des compositions vitrifiables à base siliceuse, on se sert de creusets d'argile dans laquelle il n'y a que de l'alumine et du quartz, et soit exempte de chaux et d'oxides métalliques. De pareils creusets pourront, avant d'être usés, servir à vitrifier plus de cent fois leur poids de la même argile, avec des doses convenables de fondant. Toute la différence que l'on trouve entre ces deux cas, c'est qu'il faut employer plus de fondant alkalin pour la vitrification de l'argile que pour le quartz, par la rai-

son que l'alumine contenue dans l'argile, exige plus d'alkali que le grès ou le quartz pour sa vitrification. Quelle que soit la qualité réfractaire d'une argile, on peut la convertir en verre parfait, après l'avoir réduite en poudre et mélée dans des doses convenables avec un fondant, dans un creuset de même argile; mais ceci prouve que son emploi sera d'autant plus avantageux, qu'elle s'usera ou se fondra plus lentement, et par conséquent, qu'elle exigera plus de fondant pour sa vitrification.

On peut donc juger de la qualité réfractaire d'une argile, de sa durée dans les constructions, de la résistance qu'elle y opposera à la vitrification par les doses de fondant qu'elle exige au même feu, et lorsqu'elle est réduite en poudre pour parvenir à une vitrification complète.

Pour faire usage de cette méthode, il suffit de connaître, par expérience, quelles sont les doses de fondans qu'exigent les argiles reconnues comme suffisamment bonnes à l'action du four de verrerie. Elles serviront de terme de comparaison pour juger de la qualité de celles que l'on veut essayer avant de les adopter ou de les rejeter. Ainsi, toutes les argiles d'essai qui exigeront autant et plus de fondans que celles ci-dessus reconnues comme de bonne qualité, pourront

être employées. Toutes celles, au contraire, qui exigeront moins de fondant, seront exclues. Or, un maître de verrerie est toujours à même d'établir cette comparaison par des expériences directes; il n'est pas même nécessaire qu'il ait recours à l'argile dont il fait usage dans ses fabrications. Le quartz pur ou encore la terre alumineuse sont des termes de comparaison qui ne le tromperont pas.

14. Le quartz réduit en poudre, exige à-peu-près moitié de son poids d'alkali fixe, pour être vitrifié au feu ordinaire de verrerie.

L'alumine dépouillée de tout gluteu par sa cuisson au même feu, et réduite en poudre, en exige une quantité égale à son propre poids.

Les mélanges de quartz et d'alumine exigent aussi des doses d'alkali dans les mêmes proportions. Si donc l'argile, que l'on éprouve cuite au feu de verrerie et réduite en poudre, (elle prend alors le nom de *ciment*) n'exige pas plus d'alkali que du quartz pour sa vitrification, on peut en conclure qu'elle n'est pas seulement composée de quartz et d'alumine, mais qu'elle porte avec elle quelqu'autre substance qui en facilite la fusion. Aussi l'expérience prouve-t-elle que ces sortes d'argiles ne sont pas suffisamment réfractaires pour la construction de la voûte des fours,

et sur-tout qu'elles doivent être exclues de la fabrication des creusets.

Si l'on applique cette méthode à des argiles reconnues de bonne qualité, et suffisamment réfractaires pour l'art de la verrerie, on trouve que, s'il faut employer 50 parties (en poids) d'alkali fixe pour la vitrification de 100 parties de quartz (au point de saturation seulement), il faudra que 100 parties d'argile en exigent au moins 60 d'alkali au même feu pour se vitrifier.

De l'essai de l'argile relativement à sa tenacité.

15. La solidité des ouvrages faits avec l'argile, tels que les briques, les fourneaux, les creusets, dépend de la force de cohérence de ses parties. Cette force, lorsque l'ouvrage a été séché par dégrés jusqu'à une température de 25 à 30 dégrés du thermomètre de Réaumur, est d'autant plus grande que l'argile avait plus de ductilité, lorsqu'elle était réduite en pâte avec de l'eau, avant la construction des ouvrages. L'une et l'autre de ces qualités dépendent de la quantité d'alumine contenue dans l'argile; et comme les proportions d'alumine sont très-inégales dans les différentes sortes d'argile, la tenacité de celles-ci varie aussi de même. C'est principalement le

sable qui diminue la tenacité de l'argile. On sait, en effet, que pétri seul avec de l'eau, il ne peut former une pâte liante : les parties de l'ouvrage que l'on veut élever avec une pareille pâte retombent sur elles-mêmes en s'affaissant. L'ouvrage s'écroule lorsque l'humidité est entièrement dissipée; et les constructions que l'on tenterait d'en faire s'écrâseraient sous leur propre poids.

16. Toutes les parties du four de fusion, n'ont pas besoin de la même tenacité. Les massifs les plus épais doivent, au contraire, être très-poreux pour la dissipation de l'humidité ; mais les creusets exigent une argile compacte et tenace pour être moins attaquables par les fondans, et pour résister à la pression du verre qu'ils contiennent. Il convient donc de pouvoir déterminer quel est le dégré de tenacité dont chaque objet a besoin, de pouvoir distinguer les argiles qui y sont propres, et parmi celles qui ont trop de compacité, de connaître les doses de sable ou de ciment qui les réduisent au dégré convenable de porosité, pour permettre leur dessèchement, en conservant cependant assez de tenacité pour résister à la pression qu'ils doivent éprouver.

L'appareil suivant peut être utilement employé pour évaluer cette tenacité.

17. On fait fondre l'argile dans l'eau, on la pétrit ou corroie exactement, on en forme des bâtons parallélipipèdes (fig. 1.) La tête AB du bâton a un pouce environ sur chaque face, (0,027 m). La tige CD du bâton, ou le parallélipipède CD a deux pouces (0,054 m) de longueur, sur 7 à 8 lignes (0,015 à 0,018 m) de face. On laisse sécher ces bâtons doucement, d'abord à une basse température de 7 à 8 dégrés, et successivement jusqu'à celle de 25 dégrés dans une chambre à pots, ou une étuve dans laquelle on les laisse pendant plusieurs jours.

Alors on dresse, avec une lime, les faces de la tête AB. On en réduit les arrêtes à 9 ou 10 lignes, (0,022 à 0,024 m).

On dresse également à la lime les faces de la tige CD, qui doivent être parallèles à celles de la tête. On réduit la tige ou parallélipipède CD à 6 lignes (0,013 m) d'épaisseur, le plus exactement possible, dans la partie C, en mesurant son épaisseur au moyen d'un calibre de tôle, KG (fig. 2.), dont les lignes HI et ML sont exactement à 6 lignes (0,013 m) de distance l'une de l'autre.

A la distance CE de 18 lignes de la tête (0,040 m) on trace, avec la pointe d'un canif, une

petite rainure EF perpendiculaire à la longueur CD.

Les bâtons étant ainsi préparés, il ne s'agit plus, pour mesurer leur tenacité, que de déterminer l'effort nécessaire pour la séparation de la tige CD de la tête AB, celle-ci étant fixe et la tige étant tirée perpendiculairement à sa longueur CD.

Si la pâte a été bien pêtrie, que les faces de la tige n'aient pas moins de 6 lignes d'épaisseur entre C et D, la rupture se fera au point C, qui répond au plus grand bras de levier.

La figure 3 représente un appareil propre à la rupture des bâtons. NP est une table solide, sur le bord de laquelle le bâton est fixé horizontalement. Dans la rainure EF du bâton est suspendu un petit étrier de fer, taillé en couteau; et l'étrier porte un bassin léger en fer blanc.

Pour opérer la rupture, on charge d'abord le bassin d'une cuillerée de sable ou de toute autre substance, réduite en petits grains ou même en poudre, en faisant couler doucement le sable sur le bassin. On en ajoute successivement une deuxième, une troisième, etc. en évitant d'occasionner ni chocs ni secousses, jusqu'à ce que le bâton rompe. La rupture se fait à la base C.

On pèse ensemble le bout du bâton détaché, l'étrier, le bassin et le sable. Leur poids exprime la tenacité relative de l'argile ; en sorte que si l'on veut comparer celle de deux argiles ou de deux mélanges de la même argile avec du sable ou du ciment, et qu'il ait fallu employer un poids de 80 pour la première et un autre de 50 pour la seconde, on en conclura que les tenacités respectives sont comme les nombres 80 et 50.

Pour éviter de se tromper, il convient de répéter la même expérience sur plusieurs bâtons de la même argile ou du même mélange.

Mais une condition essentielle est de faire sêcher tous les bâtons à-la-fois, pendant le même intervalle de tems, dans le même lieu et à la même température ; car nous verrons par la suite que les diverses températures changent la tenacité de chaque argile ou de chaque mélange.

18. La méthode précédente m'a fait appercevoir une loi remarquable qui règne entre les dégrés de tenacité des divers mélanges d'une argile avec du ciment (la même argile cuite, privée de tout gluten par le feu, et ensuite réduite en poudre très-fine), et les doses d'argile crue ou non cuite de chaque mélange.

Mes premières expériences ont été faites sur une argile de très-bonne qualité, que la manufacture des glaces de Saint-Gobain avait fait tirer pour son usage dans la commune du Fossé, près Forge-les-Eaux, (département de la Seine-Inférieure). Cette argile essayée d'abord par la méthode de Bergmann (10), contenait sur 100 parties (en poids), 60 de silice et 38 d'alumine.

J'en ai préparé des bâtons composés de différentes doses d'argile crue et de ciment. Je les ai fait sécher successivement jusqu'à une température de 35 dégrés de Réaumur, à laquelle ils sont restés pendant huit jours. Préparés ensuite, et rompus par la méthode (17), ils ont fourni les résultats suivans :

L'argile sans ciment a exigé pour sa rupture un poids de . . . . . 80 onces

Mélange de	90 d'argile et	10 de ciment	71 onces (2446 gram.)
	80	20	63
	75	25	59
	70	30	56

Et ainsi de suite, comme on le voit table 1.; en observant qu'au dessous de 40 parties d'argile, les résultats deviennent incertains, vraisemblablement parce que la quantité d'argile est insuffisante pour remplir les vides que laissent entre

elles les parties du ciment. J'ai essayé, à dessein, le mélange de 75 d'argile et de 25 de ciment, parce que celui-là était précisément la composition des creusets de cette manufacture. On trouvera dans la table 1, une colonne pour indiquer la tenacité absolue par ligne carrée de surface, en supposant les bâtons tirés sur leur longueur, au lieu d'être rompues par un bras de levier. (Note 1.)

19. Ces résultats sont le terme moyen d'un assez grand nombre d'essais. Ils prouvent que le rapport entre les dégrés de tenacité des divers mélanges est le même que celui des doses d'argile crue, employée pour ces mélanges; et comme les doses d'alumine crue sont aussi proportionnelles aux quantités d'argile (par exemple, de 38 pour 100 dans l'espèce particulière ci-dessus), il s'ensuit que pour différens mélanges la tenacité est proportionnelle à la quantité d'alumine crue employée.

La même loi s'observe pour chaque argile.

Connaissant donc la tenacité pour un seul mélange, on sera à même de la calculer pour tous les autres. Or, d'après ma propre expérience, il suffit pour la construction des massifs et de la voûte des grands fours de verrerie de 8

pieds de diamètre (2,60 ^{m}), que la tenacité ne soit pas moindre de 24, l'essai étant fait comme ci-dessus, par un bras de lévier. Elle ne doit pas être au - dessous de 50 pour les grands pots de 3 pieds de diamètre (1) de 2 pieds et demi de hauteur (0,81 ^{m}), sur 3 à 4 pouces (0,08 à 0,10 ^{m}) d'épaisseur. Autrement les pots seraient exposés à crever sous la pression du verre en fusion.

20. La qualité des pots exige, sur-tout, une attention particulière. L'argile étant supposée suffisamment réfractaire, la solidité des pots ou la résistance qu'ils opposent à leur rupture, sous la pression du verre en fusion, dépend à-la-fois de la tenacité de l'argile, de leur diamètre, de leur hauteur et de leur épaisseur.

En effet, les épaisseurs des vases qui doivent opposer la même résistance à la pression d'un fluide, lorsqu'ils sont de même diamètre et de même hauteur, sont en raison inverse des tenacités (hydrodinamique du citoyen Bossut.) Mais si la tenacité restant la même, on change les diamètres et les hauteurs, alors les épaisseurs doivent être, comme les diamètres, multipliés par les hauteurs. Pour faire l'application de ces principes aux pots de verrerie, il suffit de connaître, dans un seul cas, la tenacité et les dimensions des creustes, seulement suffisantes

pour résister à la pression du verre, au feu le plus actif de nos verreries : or, il est constant que des pots ronds de 24 pouces (0,65 ^{m}) de diamètre intérieur, autant de hauteur, et 3 pouc. et demi d'épaisseur (0,09 ^{m}) dans la partie inférieure, n'ont que la force nécessaire pour résister à la pression du verre dans un four de glacerie, la tenacité de l'argile de leur composition étant exprimée par 59 (lorqu'elle est essayée, comme ci-dessus, à 35 dégrés de température.) Il est facile, d'après cela, de déterminer les dimensions que devraient avoir des pots, de figure semblable, exposés au meme feu, si la tenacité n'était plus la même.

On trouvera ces calculs tous faits dans la table II.

Pour en faire voir l'usage, supposons qu'on demande l'épaisseur à donner à un pot de 25 de diamètre et de hauteur, pour une tenacité de 55, on cherchera le nombre 25 qui se trouve en tête de la cinquième colonne verticale, la tenacité 55 dans la 1ere. colonne verticale, on trouvera, dans la case correspondante à ces deux colonnes, le nombre 3,7 (3 pouces ,7) qui exprime l'épaisseur cherchée pour la partie inférieure.

21. Le rapport entre les dégrés de tenacité et la quantité d'alumine, contenue dans les mélanges, reste constant, quel que soit le dégré de température à laquelle les mélanges ont été exposés, pourvu qu'il soit le même pour tous. Mais la tenacité absolue de chaque mélange, change considérablement suivant la température.

Cette propriété, d'où dépend la solidité des ouvrages d'argile, cuits au feu, a donné lieu aux arts de la briqueterie, de la poterie, de la fayance, de la porcelaine, et fait une des bases de la verrerie.

Pour juger de la tenacité, à raison du dégré de feu de différens fourneaux, j'ai préparé des bâtons avec de l'argile, contenant trente huit pour cent d'alumine. A trois parties de cette argile, j'ai mêlé une partie de ciment pour en faciliter le dessèchement. Séchés à trente-cinq dégrés de température, la rupture s'est opérée par un poids de . . . . 59 onces. 1497 gram.

La cuisson, pendant neuf heures, dans une carcaise ou fourneau de recuisson de glaces coulées. 212

La plus petite chaleur d'une

onces 1497 gram.

arche à pots de glacerie, la même que celle des fours à briques, cuisson opérée pendant huit jours. 237

La plus grande chaleur de la même arche, au jet de la flamme de la lunette de communication avec le four de fusion la cuisson ayant eu lieu pendant huit jours. . . . 408

Ce dégré de feu est suffisant pour faire des vitrifications tendres avec l'alkali et le quartz, propres pour la liqueur des cailloux, et des vitrifications solides, lorsqu'il entre beaucoup d'oxides métalliques dans les compositions de matières vitrifiables.

La cuisson dans un creuset couvert sur l'ouvreau d'un four de coulage de glaces, pendant 42 heures. 570

Ce dégré de feu est suffisant pour des vitrifications so-

lides de gobeletterie et de verres à vitres. Les doses de matière vitrifiables et la durée des fontes sont les mêmes que dans la plupart des fours ordinaires de verrerie.

La cuisson sur le meme ouvreau et avec les mêmes précautions, pendant huit jours. 660

Un morceau de même dimension que les précédens, provenant d'un pot qui avait séjourné trois mois dans un four de glacerie, et tiré de la partie la plus avancée dans le four. 720

Cuisson, pendant 22 heures, sur l'autel d'un four à reverbère, propre à fondre 30,000 l. (15,000 kilogrammes) de cuivre, semblable à ceux employés pour la fonte des canons de bronze. 609

On voit par-là combien la solidité des vases d'argile dépend du dégré de feu qu'ils ont

éprouvé pendant leur cuisson ; et la différence entre les poids, pour la rupture, indique assez qu'on peut s'en servir comme échelle, pour déterminer les dégrés de température des fourneaux où la cuisson s'est opérée. On en trouvera le calcul dans la note II.

22. La cuisson de l'alumine fait disparaître l'humidité et les autres substances volatiles, dont ses parties étaient pénétrées. Dans cette opération, elle perd la ductilité qui faisait une de ses propriétés les plus remarquables. Si l'on broye ou porphirise de l'alumine cuite (du ciment), quelque tenuité que l'on donne à ses parties, par des moyens purement méchaniques, on ne parvient point à rétablir sa première ductilité, en la délayant ou la pétrissant avec de l'eau. Le seul moyen connu de réussir est de la traiter avec des agens chimiques, par voie de dissolution, pour l'en précipiter ensuite.

23. L'alumine retient l'humidité avec opiniâtreté. Ce n'est qu'avec une grande difficulté qu'on parvient à la faire sécher ; mais si l'on y ajoute du ciment, les pores plus ouverts de ce mélange facilitent le dessèchement. C'est un des motifs principaux qui le font employer avec l'argile. Plus on en met, plus le dessèchement est

facile et prompt ; mais aussi plus la masse devient poreuse et susceptible de pénétration et de vitrification par les fondans.

Les parties exposées à l'action des fondans ne doivent donc en contenir que la quantité nécessaire pour faciliter leur dessèchement.

24. La force avec laquelle l'alumine retient l'humidité oblige à de grandes précautions pour le dessèchement des vases d'argile, et pour leur cuisson.

Pour juger de cette force ou de la difficulté du dessèchement, j'ai pétri un mélange de 75 parties d'argile et 25 de ciment (en poids), l'argile contenant 38 pour 100 d'alumine ; en sorte que le mélange ne contenait effectivement que 28 pour 100 d'alumine neuve.

1000 parties (en poids) prises à une température de 35 dégrés après avoir séjourné pendant plusieurs mois, ont été cuites, pendant 8 jours, au feu de l'arche dont la température a été évaluée à 1000 dégrés. Ces 1000 parties se sont réduites à 940. Passées ensuite au four, pendant huit jours à une température, évaluée à 9000 dégrés, elles se sont réduites à 879.

Ceci prouve combien il reste encore de subs-

tances volatiles dans l'argile, quoique cuite à des températures très-hautes, et avec quel ménagement il faut administrer le feu pour ne pas la faire sauter en éclats.

25. Tant que l'argile n'a pas été cuite, elle est alternativement susceptible, dans les basses températures, de perdre une partie de son humidité par l'élévation de la chaleur ou de réabsorber cette humidité.

1000 parties du mélange précédent, pesées, après avoir été séchées à 35 dégrés, sont restées dans une chambre à pots pendant un an, abandonnées aux influences hygrométriques de l'athmosphère, sans cependant que la température soit descendue au-dessous de plus de 6 dégrés. Leur poids s'est trouvé augmenté de 29 parties qu'elles avaient absorbées, et qu'elles ont perdu de nouveau en les faisant sécher dans une autre chambre à 35 dégrés.

On voit par-là combien il est essentiel de garantir les étuves ou chambres à pots des effets de l'humidité, et de faire sécher de nouveau les creusets qui y seraient restés sans feu, avant de s'en servir.

26. A mesure que l'argile passe à des tem-

pératures plus élevées, et perd les substances volatiles qu'elle contenait, ses parties se rapprochent, son volume diminue, et sa dureté augmente.

La retraite de l'argile naturelle et crue est d'autant plus grande par la cuisson, qu'elle contient plus d'alumine. Elle est d'autant plus petite dans ses divers mélanges avec le sable ou le ciment, que les doses de ceux-ci sont plus fortes.

1000 parties, en longueur, d'alumine pure, séchée à 35 dégrés, se sont réduites par la cuisson au feu de verrerie (température évaluée à 9000 dégrés) à 715 parties, et ont pris une retraite de 285. — Ainsi, les volumes du même morceau, à 35 et à 9000 dégrés, sont entre eux comme les nombres 1000 et 365; c'est-à-dire, que par la cuisson la dimension en longueur se réduit à-peu-près aux deux tiers, et le volume se réduit à-peu-près au tiers.

Un mélange convenable de ciment ou de sable avec l'argile, quoique celle-ci contienne déjà une forte dose de sable, et ne prenne jamais autant de retraite que l'alumine pure, sert utilement à éviter cette retraite. Par ce moyen on parvient à la diminuer considéra-

blement, et par conséquent à éviter les gerçures ou fentes des fourneaux; car l'on sait que ces fentes, si elles étaient considérables, pourraient entraîner l'écroulement de la voûte; et quand même elles se feraient partiellement, l'action de la flamme et des fumées des fondans parviennent bientôt à en faire couler une pluie de gouttes de verre, qui tombent dans celui des pots, le vicient, et obligent souvent à cesser la fabrication.

27. La retraite que prend un mélange d'argile et de ciment ou de sable n'a point lieu sensiblement sur les molécules de ciment ou de sable, amenées en contact les unes avec les autres. Elle n'est également point sensible pour toute la portion d'alumine néce saire à remplir les vides ou pores que laissent entr'eux les grains de ciment ou de sable. Elle ne le devient que sur la portion d'alumine excédant cette dernière quantité. C'est pour cela que la quantité de la retraite des argiles diminue dans une progression assez rapide, à mesure que la dose de ciment augmente dans les mélanges.

J'ai fait voir, par exemple, que la retraite linéaire de l'alumine pure, par l'action du feu de verrerie, était de 285 parties sur mille; que,

par conséquent, la diminution de son volume était de 635 parties sur mille, ou d'environ les deux tiers du volume primitif, mesuré à 35 dégrés de température; mais lorsqu'on employait une argile contenant 38 pour cent d'alumine, et que le mélange était de 3 parties d'argile sur 2 de sable ou de ciment, c'est-à-dire, lorsqu'il n'y avait plus que 25 centièmes d'alumine dans le mélange, la retraite linéaire était à peine de 19 à 20 parties sur mille.

La détermination de cette quantité, quelque petite qu'elle paraisse, n'est pas une chose indifférente pour le maître de verrerie; c'est environ 2 pouces ($0{,}054^{m}$) sur le diamètre d'un four de 8 pieds ($2{,}597^{m}$), et cette retraite pourrait occasionner des accidens graves, si l'on ne prenait pas des précautions pour la prévenir. C'est pour cela que la coupe à donner à la voûte est une chose importante, afin que toutes les parties s'appuient les unes contre les autres en faisant leur retraite, et soient disposées de manière à ne pas se désunir dans ce mouvement.

28. L'emploi du ciment ou du sable par leur mélange avec l'argile, en diminuant sa retraite, diminue aussi sa compacité et augmente sa porosité.

J'ai fait voir (article 13 et suivans) comment les fondans agissent à raison des surfaces que leur présentent les matières vitrifiables. Les creusets qui contiennent ces fondans se trouvent aussi successivement attaqués et usés par eux. L'action des fondans sur l'argile des creusets est d'autant plus grande que la matière même des creusets est plus poreuse ou plus facilement pénétrable par les fondans ; d'où il suit que la matière du creuset est plutôt vitrifiée ; que la quantité de verre argileux qui en résulte avec celui de la fabrication est plus grande, à mesure que l'on augmente la porosité de la matière du creuset, par une addition de ciment dans le mélange ou la composition des terres.

Pour juger de ces divers dégrés de porosité, j'ai pris de l'argile contenant 38 pour cent d'alumine, j'en ai fait plusieurs mélanges avec du ciment fin de pots, passé au tamis de soie des boulangers ; le tout converti en pâte a été mis à sécher, et ensuite a été cuit dans un arche à pots (température évaluée à environ 2000 dégrés de Réaumur) ; j'ai choisi de préférence ce dégré de cuisson, parce que c'est celui qu'éprouvent les pots avant d'être mis dans le four.

J'ai pesé exactement un morceau d'environ 2 onces de chaque mélange (61 grammes). Chaque morceau a ensuite été enduit d'une couche molle de suif ; il a été pesé de nouveau, avec son enduit ;

Enfin, il a été pesé dans l'eau. Connaissant, par une expérience immédiate, la légèreté du suif, relativement à l'eau, j'en ai conclu la pesanteur spécifique de chaque mélange. Quant à la porosité relative, elle est en raison inverse des parties matérielles contenues sous le même volume, et, par conséquent, en raison inverse des pesanteurs spécifiques.

La table III. renferme les différens résultats que j'ai obtenus.

Les nombres de la dernière colonne font voir que la porosité augmente dans une progression bien plus rapide que la dose de ciment. Il est donc avantageux d'en employer beaucoup dans les massifs du four qui ne sont point exposés à l'action des fondans, afin de faciliter leur dessèchement; mais dans la fabrication des pots, il n'en faut que le moins possible, afin qu'ils soient moins attaquables par les substances vitribables.

29. L'application des principes exposés jusqu'ici ont été justifiés par une longue expérience. Ainsi, lorsqu'on a fait usage d'argile contenant 38 pour cent d'alumine, et 60 à 62 de sable, on a obtenu d'excellens fourneaux avec les préparations suivantes :

Pour toute la partie des murs du bas du four jusqu'à la hauteur des pots, 3 parties d'argile brute ou non épluchée, et 2 parties de sable quartzeux réfractaire.

Pour la voûte du four, 3 parties d'argile épluchée, et 2 parties du même sable réfractaire et parfaitement lavé.

Pour les siéges du four ou banquettes sur lesquelles sont placés les pots, 10 parties d'argile épluchée et 9 de ciment propre et provenant d'argile épluchée.

Enfin, pour les pots, trois parties d'argile épluchée et 1 de ciment, provenant de pots cuits et pulvérisés. De pareils fours pouvaient rester pendant un an dans la plus grande activité avant que l'abondance des larmes qui en découlaient obligeassent de les éteindre pour les reconstruire. Les pots duraient communément trois mois, et souvent plus, avant d'être usés. Chacun d'eux pouvait servir pendant cet intervalle à fa-

briquer 60 à 70 mille livres (30 à 35 mille kilogrammes) pesant de verre.

De l'extraction des terres.

30. Il est rare de percer la terre à une grande profondeur sans y rencontrer des bancs d'argile. C'est elle qui retient les eaux de pluie, lorsqu'elles ont filtré au travers des couches supérieures du sol, et les empêche de se perdre dans l'intérieur du globe.

Aussi, la profondeur des sources et des puits d'un terrein indique-t-elle assez exactement celle des bancs d'argile.

Quelque répandue que soit l'argile en général, cependant celle qui est propre aux usages de la verrerie est assez rare pour mériter des soins particuliers dans son extraction. Il en est de son exploitation comme de celle des autres substances minérales. Si l'argile se trouve à une petite profondeur, l'extraction s'en fait par décombres ou à ciel découvert. C'est la méthode la plus avantageuse, lorsqu'elle n'exige pas de trop grandes dépenses, parce qu'alors on extrait la totalité du banc ou de la couche.

Si l'argile est à une grande profondeur (par

exemple, au-delà de 10 mètres), l'extraction s'en fait par des puits et des galeries pratiqués au-dessus du banc. Parmi les différentes méthodes connues pour le percement des puits, il y en a une en usage à Forges (département de la Seine-Inférieure), qui mérite d'être distinguée de toutes les autres par sa simplicité, par le peu de tems et de dépense qu'elle exige. Le puits étant supposé de 4 pieds et demi à 5 pieds de diamètre (1,461 à 1,624 ^{m}), on le perce d'abord à 4 pieds de profondeur : on établit intérieurement tout autour un clayonnage bien serré, fait avec des brins de bois (de la *verge*) de la grosseur du doigt et de 12 à 15 pieds de longueur (2 et demi à 3 ^{m}), de la même manière qu'on fait un van, un panier ou une claie. On commence le clayonnage par le bas, en mettant, entre lui et la terre du contour, une doublure de mousse bien serrée. On élève ainsi le clayonnage jusqu'à la surface du terrein.

On continue de percer et de clayonner de même, de 4 pieds en 4 pieds, jusqu'à la profondeur nécessaire pour l'exploitation. Par ce moyen on traverse sans danger et sans éboulement toutes les espèces possibles de terrein, même les bancs de sable fin les plus épais ; et

les déblais s'enlèvent par le moyen d'un treuil à manivelles. L'intérieur du puits n'est donc autre chose qu'un panier cylindrique, dont chaque verge fait un effort continuel pour s'opposer à l'éboulement des terres environnantes.

Quand on est près de l'argile, on trouve le plus souvent un bain d'eau, que l'on épuise avec des seaux, pourvu que son abondance et la profondeur du puits le permettent; ce qui arrive, par exemple, lorsque le puits n'a pas plus de 20 ^{m} de profondeur, et ne donne pas plus de 30 seaux d'eau par heure; autrement, il faudrait ou abandonner l'extraction par cette méthode, ou employer une pompe dans un puits semblable, percé à-côté du premier, afin d'avoir toujours une eau claire à pomper.

L'extraction de l'argile se fait ensuite par petites galeries de deux tiers à 1 mètre de hauteur et de largeur, en laissant des éperons ou murs suffisans pour assurer la solidité des galeries.

Il faut se donner de garde de percer en entier la couche d'argile, qui repose, le plus souvent, sur un banc de sable très-épais; il est souvent arrivé, par ce défaut de précaution, que l'eau inférieure montait avec abondance dans le puits,

sans pouvoir être épuisée, et obligeait d'abandonner les travaux.

Souvent il arrive aussi qu'on est obligé de suspendre les travaux à cause des exhalaisons qui sortent du puits. Les ouvriers en sont avertis parce que les chandelles ou les lampes ne peuvent y brûler. C'est un véritable acide carbonique, troublant l'eau de chaux. Il faut, communément, attendre un changement de tems, qui accompagne la dissipation ou la suspension de la sortie de ces vapeurs.

De la préparation des terres.

31. L'argile, telle qu'on l'extrait du sein de la terre, est imbibée dune assez grande quantité d'eau. Dans cet état, elle forme une pâte d'une consistance plus ou moins ferme, qu'il est difficile de réduire en petits morceaux, et où la vue ne peut distinguer les corps étrangers qu'avec beaucoup de peine. Avant de procéder à son épluchage, on la met à sécher pendant plusieurs mois sous des hangards. Elle y perd, assez ordinairement, 10 pour cent de son poids par ce desséchement. On procède ensuite à l'épluchage, comme nous l'avons expliqué (art. 8), soit sur le lieu même (ce qui

est le plus avantageux, afin d'éviter le transport des terres de rebut), soit dans la manufacture.

Le déchet par l'épluchage est, communément, de 25 à 50 pour cent.

Si l'argile contient des pyrites, on la fait fondre dans l'eau, on l'y délaye en coulis liquide, on la passe au travers d'un tamis de crin, sur lequel les pyrites restent (art. 12); on laisse reposer le coulis, en décantant successivement l'eau qui surnage, jusqu'à ce qu'il ait acquis assez de consistance pour qu'il en résulte une pâte ferme par son mélange avec le sable ou le ciment qu'on doit y ajouter. Pour ne pas se tromper sur la quantité d'argile contenue dans le coulis, on en fait sécher, dans une étuve, une mesure déterminée, par exemple, de un 10e. de mètre cube. Le poids de l'argile contenue dans une mesure de coulis étant ainsi connu, on est à même de fixer le poids du ciment ou du sable qu'on doit y ajouter. On verse une ou plusieurs mesures de coulis dans une caisse de bois d'environ deux mètres et demi de longueur sur un tiers de largeur; on l'étend sur le fonds de la caisse. On répand le ciment ou le sable sur la couche de coulis, et

le mélauge s'en fait avec les pieds, en le retournant souvent avec des pelles de bois, jusqu'à ce que la pâte soit devenue complettement homogène.

Si l'argile ne contient point de pyrites ou si celles qu'elle contient peuvent en être séparées par l'épluchage, on peut, lorsqu'elle est suffisamment sèche, la mettre dans une petite caisse d'un demi-mètre de profondeur, y verser de l'eau propre, seulement pour recouvrir la terre; l'y laisser fondre pendant 12 à 15 heures; l'en retirer avec une pelle de bois, en laissant égouter l'eau surabondante; la mettre dans la caisse à marcher; étendre le sable ou le ciment par-dessus, et mélanger le tout, comme nous venons de le dire.

On peut encore, dans le cas d'une argile sans pyrites, la broyer sous une meule de grès, la passer au travers d'un tamis, et la mélanger ainsi en poudre, avec le sable ou le ciment, avant de la faire fondre dans l'eau. Cette opération accélère celle du mélange avec les pieds.

32. Quelle que soit celle des méthodes précédentes que l'on emploie, il ne faut mettre que la quantité d'eau nécessaire pour la consistance que l'on se proprose de donner à la pâte ainsi

préparée, et qui dépend de l'usage auquel elle est destinée.

Si elle doit être façonnée en briques pour la construction des fours, sa consistance doit être telle qu'une balle de plomb (sèche), du poids de 4 onces (122 grammes), ne doive pas tomber de moins de 24 ou plus de 45 pouces (0,65 à 1,21 m) de hauteur, pour s'y enfoncer de tout son diamètre.

Si la pâte est destinée à la fabrication des pots, la balle pécédente ne doit pas tomber de moins de 65 ni de plus de 80 à 85 pouces (1,75 à 2,27 m) de hauteur pour s'y enfoncer de tout son diamètre.

Les briques destinées aux constructions des fours doivent être moulées sur un plancher en bois ou sur des planches mobiles, à l'abri de la poussière, avec la plus grande propreté. Si on doit les employer en briques molles, il faut, aprés les avoir laissé sécher suffisamment, les dresser, les battre et attendre que leur consistance soit telle que la balle de plomb ne doive pas tomber de moins de 25 ni de plus de 35 pieds, (8,11 à 10,06 m) de hauteur pour s'y enfoncer de son demi-diamètre. Alors leur dégré

de fermeté est telle qu'on ne peut y faire l'empreinte du pouce qu'en appuyant avec effort.

Si la construction ne doit pas être faite en briques molles, alors il faut les laisser sécher complettement à l'air, soit pour les employer ainsi simplement sèches, soit pour les faire cuire préalablement au feu de briqueterie avant la construction du four, suivant la méthode que l'on préfère.

Les briques molles des fours et les pâtons destinés à la fabrication des pots (ces pâtons sont des cubes de terre molle d'environ 6 pouces de côté) (0,16 ^{m}) doivent être mis dans un lieu propre, bien clos et un peu humide, à une température de 8 à 10 dégrés, à l'abri de la chaleur et de la gelée, tel qu'une cave bien fermée. On les couvre de toiles humides et propres, au-dessus desquelles on met de la paille mouillée.

On les laisse ainsi pendant plusieurs mois (et si l'on a la commodité, on ne s'en sert que l'année suivante). Il s'établit dans toute la masse une légère fermentation, qui en met toutes les parties à la même consistance, et facilite l'homogénéité de l'ouvrage à fabriquer.

De la construction des fours de fusion.

33. On connaît dans les verreries trois méthodes pour la construction des fours en argile : 1°. En employant les briques molles ; 2°. en les employant simplement séchées à l'air et non cuites ; 3°. ou bien après les avoir fait préalablement cuire au feu de briqueterie.

Quelle que soit celle de ces méthodes dont on se serve, l'âtre ou le massif inférieur qui repose sur des fondations solides doit être construit de substances aussi réfractaires que les autres parties du four, puisqu'il est également exposé à l'action du feu, à celle des cendres qui l'attaquent continuellement par leur fusion, et, enfin, à celle du verre qui s'y répand. On donne communément 18 à 24 pouces d'épaisseur à l'âtre (0,5 à 0,66 ^{m}). On emploie avantageusement à sa construction, soit des grès réfractaires, tels que ceux de Fontainebleau, soit des briques cuites, dont nous venons de parler. Dans ces deux cas, les jointures de ce massif doivent être remplies de coulis d'argile et de sable, pour ne laisser aucun vide où le verre puisse s'introduire.

La construction de l'âtre s'exécute ordinaire-

ment peu de tems après la démolition du four précédent, afin de profiter de la chaleur dont les massifs sont encore pénétrés, pour dissiper l'humidité des mortiers et du coulis. On le laisse ainsi reposer, pendant une quinzaine de jours, avant de commencer la construction des murs.

Construction en briques molles.

34. Dans cette opération, chaque assise de briques est jointe à la précédente, par le moyen d'un coulis très-liquide de même composition que les briques ; et, pour que toutes ces briques ne fassent qu'une seule masse sans jointures, chaque assise est battue à coups redoublés avec de fortes masses ou battes de bois, jusqu'à ce que le tout soit en quelque sorte repaîtri et forme un corps solide, homogène et compact. On taille ensuite avec des outils tranchans de fer, de deux assises en deux assises, les parties saillantes pour donner la forme que la construction exige. Lorsque la voûte est fermée, on achève de tailler les surfaces et de les polir en les grattant avec des outils de tôle, après avoir passé les calibres qui répondent aux courbures des différentes parties du four. Alors la masse entière du four paraît n'être formée que d'une seule brique, commu-

nément d'un poids de quatre-vingt à cent mille livres (40 à 50 mille kilogrammes). On pense bien que le desséchement d'une pareille masse doit se faire avec beaucoup de précaution pour éviter les gerçures.

Aussi-tôt que la construction est achevée, on enveloppe de toile tous les massifs. On ferme l'atelier pour éviter les courans d'air. On le tient à une température de 12 à 15 dégrés, soit artificiellement pendant l'hiver, soit en l'abandonnant à la température de l'athmosphère, si c'est pendant l'été. Cependant, l'humidité contenue dans des massifs, dont l'épaisseur varie depuis 1 jusqu'à 4 et 5 pieds (0,33 à 1,62 ^{m}) ne pourrait en sortir que difficilement et avec une lenteur extrême, si l'on n'employait des moyens particuliers pour hâter le desséchement. Ils consistent dans un rebattage fréquent des surfaces, tant du dedans que du dehors du four. La percussion opère le rapprochement des parties terreuses et oblige l'eau à se faire jour au travers de la masse, pour parvenir à la surface d'où elle est absorbée par l'athmosphère.

L'opération du rebattage s'exécute une heure de suite, environ, avec des intervalles de 2 à 3 heures de repos, pendant les 15 premiers jours.

On augmente ensuite le tems des repos, à mesure que le desséchement avance, et l'on parvient ainsi, en 4 ou 5 mois, à avoir des fours de fusion d'une seule pièce, de matière compacte et sans gerçures. Alors on donne les petits feux, on les augmente graduellement pendant un mois pour cuire le four (ce que l'on nomme l'attrempage du four); on couvre la voûte d'un massif de briques cuites, de bonne argile (c'est la chemise); on laisse sécher la chemise; on la recouvre elle-même d'un massif de briques communes, dont on laisse sécher successivement la maçonnerie (ce qu'on appelle habiller le four); enfin, on recouvre le tout de cinq à six pouces (0,16 ^{m}) de *macé*, c'est du mortier d'argile ordinaire à briques avec un mélange de foin ou de paille courte).

A mesure que cette maçonnerie et les mortiers sèchent, si l'on apperçoit des fentes, on les remplit avec du coulis.

Toute la maçonnerie étant ainsi préparée et séchée, on forme les fausses *glaies* pour le *tisage* (ce sont des maçonneries en avant des foyers, pour concentrer le feu dans le four et cuire la surface extérieure des massifs des bouts du four); on achève ainsi la cuisson du four,

en élevant successivement sa température à 2 ou 3000 dégrés ; il est alors en état de recevoir les pots cuits eux-mêmes et tenus à une pareille température. On abat les fausses glaies ; on place les pots ; on fait les glaies (ce sont des maçonneries placées au bout des foyers , disposées de manière à pouvoir augmenter l'activité du feu à volonté) ; on élève le feu successivement jusqu'à la température convenable pour la vitrification (8 à 10 mille dégrés). Alors on commence les travaux de la vitrification.

A ne considérer que la bonté d'un four, sa solidité , le service que l'on en peut tirer ; ce genre de construction est le meilleur connu dans les verreries. C'est celui qui occasionne le moins de gerçures et le moins de larmes. Il est surtout avantageux dans les verreries en verres fins, à pots découverts. Cependant il n'est en usage que dans quelques grands établissemens : la raison en est qu'il lui faut plus de soin , plus de tems et plus de dépense qu'à aucun autre. La construction et le desséchement n'exigent pas moins de cinq à six mois dans la belle saison. Son attrempage dure au moins un mois. Enfin, il faut une halle ou bâtiment séparé , où il n'y ait pas d'autres fourneaux allumés pendant toute

la durée de la construction et du desséchement. C'est principalement ce dernier motif qui en empêche l'usage dans les petites manufactures qui n'ont pas le moyen de faire l'avance des fonds suffisans.

Construction en briques séchées à l'air et en briques cuites.

35. L'appareil et la pose se font comme dans la maçonnerie ordinaire, avec l'attention que les joints soient les plus petits possibles, et garnis d'un léger coulis de même composition que les briques. Pour y parvenir, on use les briques en les frottant les unes contre les autres. Quelque précaution qu'on prenne pour l'appareil et la pose, la retraite qu'occasionne le feu de verrerie, sur la terre, met bientôt en mouvement toute la voûte ; et si la coupe des vousoirs est telle qu'ils ne puissent suivre le mouvement de retraite, ce qui arrive le plus souvent, il en résulte des gerçures plus ou moins considérables où la flamme et les fumées des fondans s'introduisent, vitrifient une partie de la terre et donnent une pluie de larmes. La durée de ces fours est plus courte que par la méthode en briques molles ; aussi, lorsqu'on emploie ces

constructions pour des fours à pots découverts, on ne fabrique les ouvrages en beau verre que pendant les quatre ou cinq premiers mois, et l'on fait des ouvrages moins précieux pendant les cinq ou six derniers mois. Ces inconvéniens n'ont point lieu dans un four à pots couverts, parce qu'il ne peut point tomber de larmes dans les pots ; mais aussi les fours à pots couverts ne conviennent qu'à un petit nombre de fabrications, dont les matières vitrifiables n'exigent pas une très-haute température.

De la fabrication des pots ou creusets.

36. La poterie est une des parties les plus difficiles et les plus délicates de l'art de la verrerie ; elle mérite l'attention la plus soutenue. Si elle est bonne, l'artiste devient le maître de régulariser l'action du feu, de varier à son choix ses compositions de matières vitrifiables, d'en régler les fontes, l'affinage et les travaux. Il peut connaître d'avance les produits de sa fabrication et la diriger à son plus grand avantage. Si elle est mauvaise, tout est confusion. L'achat des matières premières, leurs préparations, les frais de régie et de main-d'œuvre tournent en pure perte ; la ruine du maître de verrerie est

inévitable et prochaine. On ne doit donc épargner ni soins, ni dépenses pour se procurer une bonne poterie.

Les pots se fabriquent ou dans des moules, ou simplement à la main. Par la première méthode, le vase se fait dans un moule de bois garni intérieurement d'une toile forte, fine et bien tendue. Le potier le forme en appliquant successivement des rouleaux de pâte, les uns au-dessus des autres, à demi épaisseur, en les soudant d'abord à la main, puis les pressant et les frappant soit avec la main, soit avec une batte de bois ou une molette de verre.

Par la seconde méthode, le potier conduit son ouvrage sans moule; il soude les rouleaux ensemble, en les pressant fortement entre ses mains. Cette méthode est regardée comme la meilleure, parce que l'ouvrier sent sous ses mains les pores un peu considérables, qui peuvent rester dans la pâte par le mouvement et la réaction de l'air qui s'y trouve enfermé. Il peut donc lui donner issue, et remplir le vide, ce qui ne s'apperçoit pas de même, quand il opère dans un moule. Le travail à la main exige plus de tems pour l'apprentissage de l'ouvrier et la fabrication des vases; mais on en est amplement dédommagé par un meilleur service des pots.

J'ai indiqué (32) le dégré de consistance que doit avoir la pâte.

Si elle est trop molle, l'ouvrage retombe sur lui-même, se défigure et s'affaisse : si elle est trop ferme, elle se soude mal ; il y reste des porcs, dans lesquels les fondans venant à s'introduire, le pot est bientôt détruit.

Le desséchement des pots doit se faire à l'ombre, lentement et à l'abri des courans d'air, à une température de 12 à 15 dégrés Si le desséchement est hâté soit par le vent, soit par une température trop élevée, il se forme une croûte à la surface, qui concentre l'humidité dans l'intérieur, et fait sauter le vase en éclats dans l'opération de la cuisson.

En fabricant les pots dans les pots de prairial, messidor et thermidor, ils ont tout le tems de sécher pendant le reste de la belle saison, dans nos départemens septentrionaux. Ces précautions sont principalement utiles pour les grands pots de verrerie, de 2 à 3 pieds et demi de diamètre (0,65 à 1,13 ^{m}), qui ont 3 à 4 pouces dans leur plus grande épaisseur (0,08 à 0,11 ^{m}.)

Pendant le desséchement des pots, il convient de les rebattre dans le fonds, qui est la partie la

plus épaisse, et d'où l'humidité n'a d'issue que par une surface, l'autre étant appliquée sur la forme de bois ou *fonceau*. Le rebattage s'exécute une fois par jour, aussitôt que la consistance est telle que la batte de bois dont on se sert, ne puisse plus s'attacher à la pâte. On le continue pendant deux à trois mois, tems à-peu-près nécessaire pour que la batte ne puisse plus faire d'empreinte sur la pâte.

Les pots amenés à cette consistance, doivent être non seulement garantis de la gelée avec soin, mais on doit continuer leur desséchement, en élevant successivement la température à 30 ou 35 dégrés, et ce n'est encore qu'après y être restés exposés pendant plus d'un mois qu'ils sont propres à être mis au four de cuisson ou dans l'arche, laquelle a été préalablement refroidie à-peu-près à cette température.

La cuisson s'exécute en donnant du feu par dégrés, avec l'attention de ne donner de nouveau feu qu'après que toute la masse a été complettement pénétrée des dégrés antérieurs. On parvient ainsi à cuire les pots jusqu'à l'incandescence. C'est dans cet état qu'on les prend dans l'arche pour les placer dans le four dont on a préalablement laissé tomber le feu à-peu-près

à la température de l'arche. On élève ensuite successivement le feu dans le four au dégré nécessaire pour la vitrification. Le tems nécessaire pour y parvenir, est ordinairement de 3 à 4 heures ; mais on aurait tort de penser qu'il fût suffisant pour donner aux pots toute la retraite et la compacité dont ils sont susceptibles ; ils n'y parviennent souvent qu'après cinq ou six jours, au moins dans les parties les plus épaisses. C'est pour cela qu'on laisse séjourner vide dans le four, un pot neuf pendant tout le tems d'un travail, c'est-à-dire, pendant 25 à 40 heures, avant d'y enfourner des matières vitrifiables. Alors même les fondans alkalins ou les oxides métalliques des matières neuves, attaquent fortement la matière du pot qui n'a pas encore acquis toute sa compacité. Il en résulte une dégradation qui porte un verre argileux dans celui des matiéres vitrifiées et le vicie. Pour prévenir cet inconvénient, c'est une bonne méthode de n'enfourner, pour la première fois, dans un pot neuf, que des matières fortement chargées de verre ou de *calcin*, ou même de ce calcin pur sans mélange de matières neuves.

DEUXIEME PARTIE.

Du choix et de l'emploi des substances combustibles, et du rapport que doivent avoir entr'elles les principales dimensions d'un four de fusion.

37. L'ART d'augmenter la température d'un lieu déterminé, consiste à y développer une plus grande quantité de calorique, à l'y contenir ou condenser, et à remplacer successivement celui qui s'en échappe.

Toutes les fois qu'il y a combinaison de plusieurs substances entr'elles, ou décomposition des unes par les autres, si le nouveau composé contient moins de calorique que les substances primitivement employées, il y a dégagement de calorique et augmentation de température. La plupart des opérations chimiques en fournissent des exemples. Ces phénomènes sont dûs à l'opération connue en général sous le nom de com-

bustion, et l'on pourrait, dans ce sens, ranger dans la classe des combustibles tous les corps qui sont de nature à fournir du calorique par leurs différentes combinaisons ; mais dans le langage ordinaire, on a restreint la dénomination de combustible à ceux qu'on emploie le plus habituellement pour se procurer du feu. Les trois règnes de la nature en fournissent un grand nombre dont l'usage s'étend à nos besoins domestiques et à la pratique des arts.

Quelque soit le combustible que l'on emploie, ce n'est point lui qui fournit le calorique que l'on met en liberté ; il ne sert que d'intermède pour le dégager, et en absorbe souvent lui-même une partie par sa conversion en vapeurs. C'est donc ailleurs qu'il faut se le procurer.

L'athmosphère est le réservoir où nous le puisons ; il y est abondamment répandu et combiné avec différens corps qu'il tient en fusion sous la forme de gaz ou de fluides élastiques ; mais de tous ces fluides aériformes, le gaz oxigène qui ne forme que le quart de l'air athmosphérique, à-peu-près, est le seul qui se laisse décomposer dans la combustion. La base du gaz oxigène s'unit aux parties constituantes du combustible, et abandonne, en tout ou en partie, le calorique qui

la tenait en fusion. C'est alors qu'il devient libre, qu'il tend à se mettre en équilibre dans tous les corps environnans, en élevant leur température, et à se combiner de nouveau avec plusieurs d'entr'eux.

La décomposition plus ou moins rapide du gaz oxigène, le produit du calorique libre qui en résulte, dépendent de la température à laquelle cette décomposition peut s'opérer, de la nature du combustible employé et de la quantité de gaz consommé dans un tems connu. C'est en variant les conditions de ce problême indéterminé, que l'on parvient à se procurer les divers dégrés de chaleur dont on a besoin depuis celle de nos habitations jusqu'à celle de nos fourneaux.

La combustion commence, et le calorique se dégage aussitôt que la température est telle que la décomposition du gaz puisse avoir lieu. Une première molécule embrasée élève, à son tour, la température de celles de son voisinage, d'où naît, de proche en proche, la succession de l'embrâsement et le dégagement d'une plus grande quantité de calorique. Telle est, par exemple, l'action d'une étincelle sur l'amadou, celle de l'amadou sur le soufre d'une alumette et du soufre sur le bois. Telle est encore la combustion du

pyrophore à la température ordinaire de l'athmosphère et celle du phosphore à 25 ou 30 dégrés.

Si la combustion s'exécute dans un foyer de dimensions fixes, l'accroissement de dégagement du calorique continue à raison de l'élévation successive de la température, de la quantité de combustible et de gaz oxigène qu'il reçoit; mais cet accroissement a un terme qui dépend de la quantité d'air que le foyer peut recevoir, de la quantité et de la nature du combustible. Alors le dégagement du calorique devient constant.

Si le dégagement de calorique, au lieu de se faire en plein air, s'exécute dans un fourneau, la question devient plus compliquée. Il ne suffit plus d'avoir égard à la nature du combustible et à la grandeur du foyer, il faut encore considérer la position de celui-ci, la figure intérieure et la capacité du fourneau, la grandeur et la position des issues de la flamme, l'état de l'athmosphère et la direction du courant d'air qui alimente le feu. Tous ces élémens doivent être appréciés. Il y a entre eux un rapport plus propre que tout autre à produire le *maximum* de température, ou à la tenir dans des limites déterminées.

38. Les corps combustibles peuvent se diviser

en trois classes principales, la première formée de ceux qui n'ont pu être décomposés jusqu'à présent ; tels que le phosphore, le soufre, le gaz hydrogène, le carbone, les métaux ; ce sont les combustibles simples : la seconde, de ceux qui résultent de la combinaison des premiers entre eux, tels que l'alcohol, et les divers esprits ardens, les huiles tant végétales qu'animales ou minérales ; ce sont les combustibles composés ; enfin, la troisième, de ceux qui résultent de la combinaison des combustibles simples ou composés tant entr'eux qu'avec des substances non combustibles, tels que les végétaux de différentes espèces, parmi lesquels les bois et les charbons qui en proviennent occupent le premier rang ; la houille ou charbon de terre et le coak ou charbon qui en provient ; la tourbe et le charbon de tourbe : mais pour nous renfermer dans notre objet, les principes que nous développons seront appliqués, de préférence aux bois de différentes espèces et à la houille, les deux combustibles principaux qui alimentent les verreries.

Ces combustibles, diffèrent entr'eux, tant par le nombre et la proportion de leurs principes constitutifs, que par la combinaison plus ou

moins forte de ces mêmes principes; d'où il suit que leur décomposition, par la combustion, doit se faire à des températures différentes, avec plus ou moins de rapidité, et exige aussi des quantités différentes de gaz oxigène. Ainsi, le courant d'air qui alimente la combustion ne doit pas être le même pour toutes indistinctement, à poids égaux. Si l'on emploie des volumes égaux de combustibles, l'entrée de l'air dans le foyer doit donc varier. Sa quantité doit être proportionnée à celle qu'exige le poids et la nature du combustible; sa vîtesse doit l'être au tems que le combustible emploie à le décomposer.

Les dimensions du foyer, les plus avantageuses pour une espèce de combustible, peuvent donc ne pas convenir à un autre. La différence est très-sensible entre le bois et la houille. Elle l'est assez aussi entre les diverses espèces de bois pour mériter l'attention de l'artiste. De-là vient l'utilité de ne pas employer en même-tems, des bois de nature très-différente, tels que le chêne et le hêtre avec les peupliers, les bois résineux, etc.

La combinaison de leurs principes constitutifs, forte dans le chêne, par exemple, lâche dans les peupliers, fait que les derniers sont en

pleine combustion, tandis que le chêne commence à peine à se décomposer. Une partie de celui-ci, réduite seulement en fumée, est emportée par le torrent de la flamme, la rend louche, obscure, fuligineuse, colore le verre et les matières vitrifiables, réduit les oxides métalliques emporte même hors du four, en le refroidissant, une portion considérable de calorique nécessaire à sa vaporisation. Cet exemple suffit pour faire voir combien il importe de mettre à part et d'employer séparément chaque espèce de combustible dans les travaux qui exigent un feu vif et clair, une flamme pure, tels que dans les fours de fusion et de calcination.

Indépendamment des substances fixes salino-terreuses, qui restent après la combustion, le bois contient encore des substances vaporisables non susceptibles de combustion. Celles-ci absorbent en s'échappant une portion de calorique pour se volatiliser. Elles diminuent d'autant la quantité de celui qui avait été mis en liberté pour entretenir la chaleur du four. Le torrent de vapeurs qui en résulte oblige d'agrandir les issues de la flamme pour leur donner passage, et contribue ainsi, doublement, à la dissipation de la chaleur de l'intérieur du four. Il est donc

avantageux de se débarrasser d'avance de ces substances nuisibles.

Les arbres exploités dans leur sève la retiennent avec opiniâtreté : le bois de chauffage qui en provient n'acquiert, qu'après un tems très-long, le desséchement convenable pour la combustion. Il se détériore de lui-même ; il s'épanne, ce qui annonce un commencement de décomposition. Ainsi, l'exploitation la plus convenable est celle qui se fait pendant l'hiver ; le bois ainsi exploité doit être conservé dans la coupe pendant l'été, pour y perdre le reste de la sève qui avait resisté au froid et à la force des organes du végétal. Quant à l'humidité qu'il conserve encore, on est obligé de l'en débarrasser en le faisant sécher à une température de 25 à 30 dégrés, soit dans des fourneaux particuliers, soit en profitant de la température de la *halle* où se trouve le four. Ce n'est qu'alors qu'il peut être employé avantageusement pour le four de fusion.

Puisque la combustion n'est autre chose qu'une décomposition réciproque du gaz oxigène et du combustible, il s'ensuit qu'on facilite l'action de l'un sur l'autre, en multipliant leurs surfaces pour en mettre une plus grande quantité en

contact. On l'exécute en convertissant le bois en morceaux d'autant plus petits que sa combustion doit être plus rapide et le feu plus actif. Cette opération, quoique purement mécanique, n'en mérite pas moins d'attention suivant les espèces de bois et les travaux auxquels ils sont destinés.

L'avancement de la science pyrotechnique nous mettra bientôt à même de connaître, par des expériences exactes, combien une quantité déterminée de combustible, de chaque espèce, peut décomposer de gaz oxigène. Alors, l'artiste pourra facilement calculer les dimensions de ses fourneaux et de ses creusets, la grandeur des entrées et des issues, suivant l'espèce de combustible, le genre de fabrication et le dégré de température qu'il a en vue. En attendant ces résultats, nous ne pouvons présenter que des considérations plus ou moins générales, mais qui peuvent cependant trouver une application fréquente.

Si l'on n'examinait les différentes espèces de bois que par leur volume, on trouverait qu'en général les bois durs, tels que le hêtre, le charme, le chêne, etc., développent plus de calorique que les bois tendres, tels que les

différens peupliers, les saules, etc.; d'où l'on serait tenté de conclure que les premiers sont plus avantageux que les derniers, et cette conséquence est assez vraie, à volumes égaux; c'est-à-dire, qu'un stère de hêtre, par exemple, produit plus de chaleur qu'un stère de peuplier. Mais si on les considère sous le rapport de leur poids, la conséquence peut changer. En effet, 100 stères de hêtre pèsent autant que 223 stères de peuplier, c'est-à-dire, que le poids du hêtre est plus que double de celui du peuplier. Cependant, pour obtenir le meme dégré de feu dans un grand four de verrerie, la consommation en peuplier est bien loin d'être double de celle du hêtre. Il ne faut pas trois stères du premier pour produire le même effet que deux stères du dernier, dans des travaux soutenus. Il paraît qu'à poids égaux ceux qui laissent après la combustion le moins de substances salino-terreuses sont les plus propres à dégager une grande quantité de calorique, et que les autres différences tiennent principalement aux quantités d'hydrogène et de carbone qu'ils contiennent.

Cette différence n'est pas moins remarquable entre les différentes sortes de houille. Les plus

avantageuses, à poids égaux, sont celles qui laissent le moins de terre après leur combustion, quantité qui peut varier depuis 1 ou 2 jusqu'à 30 ou 40 pour cent du poids de la houille.

Aussi doit-on avoir la plus grande attention dans le choix que l'on en fait. On s'assure facilement de sa qualité, en pesant un poids connu de houille (100 grammes par exemple), et en le faisant brûler sous la mouffle d'un fourneau de coupelle ou dans un creuset sur l'ouvreau d'un four de verrerie, on trouvera la quantité de terre qui y est contenue.

Quant au rapport qui existe entre les quantités de bois et de houille à consommer pour obtenir le même effet dans un four de verrerie, il varie par toutes les causes précédentes, et ne peut se déterminer que par expérience. C'est ainsi que j'ai trouvé qu'il fallait, pour produire des effets égaux dans un four de coulage de glaces, pendant un an, consumer environ 45 mille quintaux (9000 myriagrammes) de bois de hêtre sec, âgé de 80 ans, ou 28 mille quintaux (5600 myriagrammes) de houille des mines d'Auzin près Valenciennes, laquelle laissait 10 à 12 pour cent de résidu terreux après sa combustion.

Les issues de la flamme étant les mêmes, l'eu

trée de l'air dans les foyers avec le bois était à celle qu'exige la houille dans le rapport de 13 à 15, à très-peu de chose près.

Il ne suffirait pas que la grandeur des issues de la flamme fût seulement proportionnée à l'abondance des vapeurs qui sortent du combustible, les trois quarts de l'air athmosphérique ne pouvan servir à la combustion, forment un torrent auque il faut donner un écoulement continuel. Il en est de même des substances contenues dans les matières vitrifiables, et qui ne peuvent devenir ou ne doivent pas demeurer parties constituantes du verre. Toutes ces substances entrent en expansion par la haute température du four et ont besoin d'issues convenables pour faire place à celles qui leur succèdent avec rapidité. Si les issues n'étaient pas suffisantes, le feu languirait, de même qu'il s'éteindrait entièrement, si on les bouchait. Il y a donc, d'après la nature du combustible, celle des substances vaporisables, non combustibles et celle même de l'athmosphère un rapport plus convenable que tout autre entre les ouvertures des foyers et celle des *ouvreaux* ou issues de la flamme.

39. L'air athmosphérique n'influe pas sur la combustion seulement à raison de la quantité de gaz

oxigène qu'il contient; à vîtesse égale, à son passage dans le foyer, le courant porte une quantité de gaz oxigène, proportionnée à la densité de l'air. Ainsi, par un tems froid et sec, lorsque le baromètre est haut, l'activité de la combustion augmente, si l'on a d'ailleurs l'attention de faire passer le courant sur les charbons ardens du cendrier, pour l'amener graduellement à une température plus élevée, qui facilite sa décomposition.

4°. La capacité du fourneau entre aussi comme élément dans cette question. Le premier effet de la chaleur sur le combustible, est d'en écarter les parties, et de réduire en vapeurs ceux de ses principes constitutifs qui en sont susceptibles. C'est alors que se fait la décomposition réciproque de ces principes et du gaz oxigène pour donner lieu à de nouvelles combinaisons et au dégagement du calorique. Mais cet effet n'est point instantané; il faut un séjour plus ou moins long du mélange de ces fluides à une température convenable. Si la capacité et la température du four dans lequel elles sont reçues et où elles circulent, sont telles que la décomposition soit complète, alors tout le combustible est mis à profit; il dégage la plus grande quantité possible de calorique, et il ne sort pas un atôme de fumée par les ouvreaux.

Ainsi, la capacité du four ne sert pas seulement à contenir les vases et recevoir le calorique dégagé dans le foyer ; elle contribue puissamment à achever la combustion des substances que le courant, établi dans le foyer, en avait enlevées avant qu'elles eussent eu le tems de se combiner.

Ces considérations n'avaient point échapé aux premiers physiciens qui se sont occupés de la chaleur des fourneaux. Boërrhaave donne la description d'une machine propre à brûler la fumée, inventée par Dalesme ; ce n'est autre chose qu'un fourneau particulier, où la combustion est complette, et dont la construction est fondée sur les principes précédens. Le combustible est reçu sur une grille, comme dans beaucoup d'autres fourneaux; mais le courant d'air qui alimente le feu, au lieu de passer de bas en haut pour élever la flamme, frappe, au contraire, la partie supérieure du foyer, oblige la flamme à descendre de haut en bas, à parcourir un canal inférieur au foyer, d'où elle se relève pour parvenir à la cheminée. Si la construction est faite dans les proportions convenables, on peut y brûler des bois de toute espèce, même de la houille, sans qu'on apperçoive le moindre vestige de fumée au sortir de la cheminée.

41. La disposition des ouvreaux et des autres issues de la flamme mérite une attention particulière : leur service remplit à-la-fois plusieurs objets importans. Nous avons déjà vu que leurs dimensions devaient être telles qu'ils pussent donner passage à toutes les substances qui ne sont susceptibles ni de combustion, ni de combinaison dans l'intérieur du four. Leur élévation au-dessus du foyer est une des conditions qui favorise le plus l'aspiration du fourneau.

Si l'on allume du feu dans un canal à deux branches qui communiquent entr'elles, comme dans la machine de Dalesme, le courant d'air s'établira de la branche la plus basse à la branche la plus haute, quelque petite que soit cette différence de hauteur horizontale. La raison en est que les vapeurs et les gaz échauffés dans le foyer, devenus spécifiquement plus légers que l'air athmosphérique, tendent à s'y répandre, et y montent effectivement en se portant vers la partie du canal où ils éprouvent le moins de résistance, c'est-à-dire, vers la branche la plus élevée, où la pression de l'athmosphère est plus petite. Cette force d'aspiration croît à mesure que la différence de pression ou la différence de niveau entre les deux branches augmente, et le courant en est

d'autant plus rapide. Ces effets sont très-connus et sensiblement remarquables dans nos petits fourneaux de laboratoires. Aussi a-t-on l'attention d'allonger ou de raccourcir la hauteur de la cheminée par des tuyaux additionnels, suivant l'activité du feu que l'on veut s'y procurer. Cependant, il y a un *maximum* de hauteur à donner à la cheminée pour produire le plus grand effet possible. Il dépend du diamètre de la cheminée dont les parois opposent une résistance continuelle au mouvement des fluides qui s'échappent; résistance qui croît elle-même à mesure que leur vîtesse augmente. Il y a donc un terme où la résistance équivaut à l'augmentation de force d'ascension, et, passé lequel, il n'y aurait qu'à perdre en prolongeant la cheminée.

Les mêmes phénomènes se font remarquer dans nos grands fours. La hauteur des issues de la flamme au-dessus de l'entrée de l'air dans le foyer, contribue à leur force d'aspiration, à raison de la différence d'élévation ; leur distribution dans le contour du four détermine les courans qui doivent s'établir, et où l'ardeur est la plus forte. Si l'on veut donc que cette ardeur soit égale dans tout le contour, il faut faire en sorte que la distribution des issues le soit aussi, et que les creu-

sets soient placés dans des positions semblables, respectivement, afin d'éprouver la même température.

La hauteur des ouvreaux et des autres issues au-dessus du foyer, ainsi que leur distribution, étant déterminées, leur grandeur doit être proportionnée à l'écoulement qu'elles sont destinées à procurer aux fluides qui sortent du four. Cette grandeur doit être telle que la flamme se trouve dans le plus grand état de compression dans l'intérieur ; elle ne doit donc pas excéder certaines limites.

Dans la pratique on donne aux ouvreaux toute la grandeur convenable au passage des outils pour les différentes manœuvres. Ces dimensions excèdent ordinairement celles qui sont les plus avantageuses à la compression de la flamme; mais on les diminue à volonté avec des *tuiles* ou briques mobiles, suivant le dégré de feu dont on a besoin.

L'habitude apprend bientôt à connaître ces dispositions qui doivent, d'ailleurs, varier suivant la nature du combustible, sa quantité, l'état de l'athmosphère, la force et la direction du courant d'air qui alimente le feu, etc.

42. L'intensité du feu n'est pas la même dans

tous les points de la capacité du four. On remarque qu'elle est plus grande dans les parties où le mouvement de la flamme est le plus rapide, et, par conséquent, où ce fluide se meut avec plus de liberté. Cette différence est très-sensible dans la partie inférieure de la plupart des fours de verrerie, dont la coupe horizontale forme un parallélogramme rectangle. Les doses de fondans, le tems des fontes et de l'affinage ou de la dépuration du verre sont toujours plus considérables dans les angles que dans les autres positions. Aussi, est-ce une pratique bien mieux entendue dans quelques manufactures d'avoir supprimé ces angles et formé le contour sans arrêtes, comme on le pratique communément pour la voûte. Ce dernier moyen procure l'égalité dans les doses de fondans, dans la durée des fontes; enfin, dans le verre même des différens creusets, qui conserve d'autant moins de fondans salins dans ses parties constitutives qu'il a éprouvé un plus grand dégré de feu.

43. La combustion n'étant alimentée que par le gaz oxigène qui se trouve dans l'athmosphère et qui n'en forme que la moindre partie, le surplus se mêle dans le four avec les autres vapeurs, provenant tant du combustible que des

compositions vitrifiables. Ce mélange ne peut plus servir à alimenter la combustion ; il faut donc l'écarter avec soin au sortir du four, et disposer l'atelier ou la halle de manière à empêcher qu'il ne puisse rentrer dans les foyers. Plusieurs dispositions peuvent y concourir.

Si l'air qui alimente les foyers se tire de l'extérieur par des voûtes souterraines pratiquées au-dessous de la halle, il y arrive, sans mélange des vapeurs précédentes. Cette disposition est la meilleure de toutes. Elle est pratiquée pour tous les fours alimentés avec de la houille, et dans quelques manufactures alimentées avec du bois. C'est le moyen le plus sûr pour placer plusieurs fours de fusion à la suite les uns des autres, sans se nuire, et dans la même halle; ce qui procure une grande économie dans les constructions.

La seconde disposition la plus favorable est celle dans laquelle les portes de la halle sont placées vis-à-vis et dans l'allignement des foyers. Le courant d'air s'établit avec facilité, et les effets de la combustion peuvent être les mêmes que dans la première disposition, s'il n'y a qu'un four de fusion dans l'atelier, si son cendrier est construit de manière à procurer la direction

convenable au courant d'air, à son entrée dans les foyers, enfin, si les vapeurs qui sortent du four sont immédiatement conduites au-dessus du toit de la halle.

Mais la plus vicieuse de toutes, et cependant la plus en usage, est celle où les portes de l'entrée de l'air sont ou dans les angles ou dans les parties lattérales de la halle. Le vent, au lieu d'arriver immédiatement aux foyers et y entrer avec vîtesse, ne fait qu'en rallentir l'activité en se portant sur les ouvreaux, et repousse dans le four les vapeurs qui en sortent.

44. La quantité de calorique nécessaire pour tenir en fusion et vitrifier les matières, est proportionnelle à cette quantité de matières. Si le volume des creusets excédait certaines limites, il pourrait donc arriver qu'il ne se dégageât pas une suffisante quantité de calorique par la combustion. Il est essentiel d'établir ce volume dans des proportions convenables. S'ils sont trop petits, la fabrication est onéreuse par les dépenses qu'elle occasionne relativement à son peu de produit. S'ils sont trop grands, l'insuffisance du calorique ne permet d'obtenir qu'un verre tendre, surchargé de fondans, peu solide, et

exposé a être facilement décomposé. L'expérience seule pouvait indiquer ces proportions. Elle a fait voir que dans les fabrications à fondans-salins et à pots découverts, le volume des creusets, celui de la capacité du four, remplie de flamme (non compris les creusets), et la capacité totale du four, lorsque les creusets n'y sont pas, doivent être entr'eux dans le rapport des nombres 100, 267 et 367.

45. Jusqu'ici j'ai indiqué les moyens propres à dégager la quantité de calorique dont on a besoin; je vais maintenant examiner ceux par lesquels on parvient à le retenir dans un lieu déterminé.

Quoique le calorique pénètre au travers des pores de tous les corps, qu'ainsi l'on ne puisse espérer de l'enfermer sans perte, cependant la résistance qu'il éprouve, en les traversant, a fourni le moyen de l'accumuler et de le condenser en raison de la différence qui se trouve entre la quantité dégagée, dans un tems donné, et de celle qui s'en échappe. Cette résistance n'est pas la même dans tous les corps; de-là vient l'avantage de se servir de ceux où elle est la plus grande, lorsqu'il est question d'empêcher la dissipation du calorique, et, au contraire, d'em-

ployer ceux qui lui sont les plus perméables, lorsqu'on a pour objet de le transmettre promptement. On exprime cette propriété en disant qu'un corps est bon ou mauvais conducteur du calorique. C'est ainsi que les métaux, en général, le transmettent avec plus de facilité que les résines, le bois, les étoffes de laine ou de soie; et pourquoi l'on échauffe promptement un appartement avec des tuyaux de métal, et que le calorique s'y conserve lorsque les murs et les planchers sont revêtus de boiseries ou de tapisseries.

Une autre propriété, également remarquable, est celle-ci :

Lorsque plusieurs corps, dans le même état, c'est-à-dire, tous ou dans l'état solide ou dans l'état liquide, ou dans l'état aériforme, sont à la même température, et qu'on vient à la changer également, pour tous, du même nombre de dégrés, soit en l'élevant, soit en l'abaissant, la dose de calorique, propre à opérer ce changement, varie dans les différentes espèces. Cette propriété s'exprime en disant que les corps ont une capacité différente pour contenir le calorique.

Ces deux propriétés se font remarquer à-la-

fois dans les différens corps, en varient les phénomènes à l'infini, et nous les rendent plus ou moins sensibles. C'est pour cela, par exemple, que parmi différens corps que nous touchons, et qui sont cependant à la même température, nous trouvons les uns plus froids que les autres, suivant qu'ils transmettent plus facilement et en plus grande abondance le calorique qui émane de notre corps.

Ces principes sont applicables aux fours de fusion. Les briques dont ils sont construits en absorbent une grande quantité de calorique : il faut un tems assez long pour les échauffer ; mais aussi, lorsque le feu vient à cesser pour le tems du travail, les massifs restituent, suivant la même progression, le calorique dont ils étaient pénétrés. Il est essentiel qu'ils soient assez épais pour contribuer, par cette restitution (au moins en grande partie dans le soufflage), dans l'intérieur du four, à l'entretien du calorique, qu'on a besoin d'y conserver pour certains travaux, et en totalité pour le coulage du verre.

Lorsque le four est amené à une température constante, cette épaisseur est avantageuse pour empêcher la dissipation du calorique. Cependant, sous ce point de vue, elle peut être

restreinte dans des limites assez étroites, par la raison que l'argile transmet difficilement le calorique. C'est ainsi que la température extérieure des murs de 2 pieds d'épaisseur (0,64 m) était à peine de 40 dégrés au - dessus de celle de l'air environnant, lorsque celle de l'intérieur pouvait être évaluée à 10 mille dégrés. De même des tuiles de 15 lignes (0,034 m) d'épaisseur laissaient à peine passer au dehors le quart du calorique qui tendait à les traverser.

Si ces considérations laissent une grande latitude pour l'épaisseur à donner aux murs et à la voûte des fours, elles méritent l'attention la plus sérieuse pour toutes les opérations qui se font ou sous des moufles ou dans des pots couverts : la partie extérieure de ces vases, celle qui se trouve enveloppée de flamme, peut éprouver une température assez élevée pour commencer à entrer en fusion, tandis que celle de l'intérieur du vase est à peine suffisante pour la vitrification. Aussi, voyons-nous que toutes les belles vitrifications solides à fondans-salins, et qui exigent une haute température, se font à pots découverts dans des fours alimentés avec du bois, tandis que si l'on emploie de la houille et des pots couverts, pour éviter les fuligino-

sités qui coloreraient le verre, on ne peut faire que des vitrifications tendres, si elles sont purement salines. C'est pour remédier à cet inconvénient, qu'au lieu d'employer, dans ce dernier cas, des fondans purement salins, on charge les compositions vitrifiables d'une forte dose d'oxides métalliques, qui se vétrifient à une température beaucoup plus basse.

Voilà pourquoi les verreries anglaises, où l'on ne brûle que de la houille, n'ont pu réussir à faire ni des glaces, ni de beaux verres à vitres, ni même de belle gobeletterie blanche et légére, comme les nôtres. Obligées de fondre à une basse température, à pots couvers, pour les travaux en verre blanc, elles ont dû employer des fondans, tels que les oxides métalliques qui n'exigent pas beaucoup de feu pour leur vitrification. Tout ce que les verreries anglaises font, peut s'exécuter et s'exécute en effet avec plus de facilité dans les nôtres; mais les leurs seront obligées de nous abandonner la fabrique des glaces et de nos beaux verres légers, à fondans purement salins.

46. Pour terminer cette seconde partie, je vais donner les principales dimensions d'un four de coulage de glaces, dont les proportions ont déjà

servi de modèle dans plusieurs verreries, et dont l'expérience a justifié la bonté.

Volume de la capacité intérieure, lorsque les creusets n'y sont pas. . .	316 pds. c.	(10,82 m)
Volume des creusets.	86	(2,94)
Différence ou volume de l'espace rempli de flamme.	2,30	(7,88)
Surface des ouvertures qui donnent passage à l'air dans les foyers, lorsqu'il est alimenté en bois, et que le feu est en pleine activité.	2,86	(0,30)
Surface des mêmes ouvertures, lorsqu'il est alimenté avec de la houille.	3,30	(0,34)
Surface des ouvertures qui donnent issue a la flamme, lorsque le feu est en pleine activité.	3,54	(0,37)

Un pareil four consomme par an 45 mille quintaux (9000 myriagrammes) de bois de hêtre sec, ou bien 28 mille quintaux (5600 myriagr.) de houille des fosses d'Auzin, près Valenciennes.

TROISIEME PARTIE.

De la température des fourneaux.

47. Les chimistes et les artistes qui font usage de fourneaux de fusion, savent par une expérience journalière que des fourneaux semblables, mais de grandeur différente, ne procurent pas la même température ; ils savent aussi qu'elle n'est pas égale dans tous les points de la capacité du même fourneau. Mais jusqu'ici, on n'a point eu de règle pour déterminer cette différence dans la grande variété de fourneaux que nous présente la pratique des arts. Une sorte de tâtonnement a seule présidé à la plupart de leurs constructions, et quand on est satisfait de leur usage, ce n'est pas sans raison qu'on ne se permet d'y faire des changemens qu'avec beaucoup de circonspection : une différence, légère en apparence dans les proportions de leurs dimensions, en donne quelque fois une très-grande dans les résultats. Cependant plusieurs sont construits d'a-

près les règles puisées dans les principes de la physique, et comme le succès n'a pas toujours répondu aux espérances que l'on avait conçues, on a été obligé de convenir qu'on avait attribué trop d'étendue à ces principes, ou même qu'ils n'y étaient point applicables.

48. La partie qui a le plus fixé l'attention est le dôme ou la voûte du fourneau: on en distingue deux espèces principales, les uns de figure elliptique, les autres de figure parabolique. Dans les premiers, on a supposé que les rayons ardens, partant d'un des foyers, se réfléchiraient à la surface pour se réunir à l'autre foyer où la température se trouverait ainsi la plus forte; dans les seconds, on a supposé que le feu placé dans toute l'étendue de la base, lancerait des rayons parallèles à l'axe, lesquels iraient se réfléchir à la surface et se croiser ensuite au foyer de la figure, où la température serait la plus forte. Dans l'un et l'autre cas, on est parti de la supposition que l'intensité de température dépendait de la réflexion de la flamme à la surface de la voûte, en faisant l'angle de réflexion égal à celui d'incidence, comme il arrive aux rayons de lumière à la surface d'un corps poli. On a dû être d'autant plus porté à admettre ce principe, qu'en

effet l'expérience prouve qu'on peut, avec un charbon ardent, placé à l'un des foyers d'une lame elliptique de métal poli, enflammer un corps très-combustible, par exemple, de la poudre à canon, placé à l'autre foyer, tandis que l'inflammation n'aurait pas lieu, si l'on ôtait la lame, ou si la poudre était placée ailleurs que dans le second foyer.

On ne peut contester la réalité de ces effets ; mais ne leur a-t-on pas attribué trop d'efficacité en admettant ce principe seul comme régulateur de la construction des fourneaux ? C'est ce que nous devons examiner avec soin.

Si l'on considère les effets du calorique dans un fourneau cilindrique rempli de flamme, sur des corps qui y sont exposés, on s'apperçoit bientôt que ce n'est pas dans les points qui forment la courbe connue sous le nom de caustique, par réflexion, que se trouve la plus haute température ; mais qu'elle va continuellement en augmentant de la circonférence au centre. Il faut donc avoir recours à d'autres causes plus puissantes pour en trouver l'explication.

49. La flamme est à la vérité un fluide élastique plus ou moins comprimé dans l'intérieur du four ; mais toutes les parties de la flamme ne

vont pas frapper la surface des parois ; et quand cela serait, devrait-on en conclure qu'elle y fût réfléchie sous un angle égal à celui d'incidence? L'air est aussi un fluide élastique, isolé et enfermé dans un ballon, il réjaillit à la surface des corps, d'après la loi précédente ; mais lorsqu'il agit en masse fluide, l'expérience ne nous montre rien de semblable, en sorte qu'il n'en est pas d'une particule isolée et libre comme d'un assemblage de ces particules dont les mouvemens réciproques se gênent et influent les uns sur les autres. La flamme se meut d'ailleurs dans un autre fluide élastique environnant, qui ne peut manquer d'altérer les mouvemens auxquels elle obéirait dans un milieu absolument libre. L'expérience peut dissiper tous les doutes à cet égard.

Les émailleurs donnent une très-grande vîtesse à la flamme de leur lampe par le moyen du chalumeau. Dans les fours de fusion on obtient un pareil jet, lorsqu'on fait communiquer la flamme du four principal avec un fourneau adjacent par un canal étroit. Or, dans l'un et l'autre cas, la flamme suit sensiblement la surface du corps qu'elle choque. Le même effet s'apperçoit distinctement dans l'intérieur du four de fusion : on y voit la flamme prendre le contour des parois

de la voûte, sans y faire de réflexion sensible. Ainsi, sous ce point de vue, le principe de la réflexion de la flamme ne peut pas être invoqué comme cause principale de la chaleur du four. Mais, il pourrait en être tout autrement des rayons ardens qui partent de différens points de la flamme, et qui rencontrent la surface du four. Ce sont eux que l'on a eu principalement en vue dans l'expérience que j'ai citée. Il convient donc d'examiner jusqu'à quel point ils peuvent influer, par leur réflexion, sur la température des fourneaux.

5o. L'ardeur rayonnante, dit Schèele (Traité chimique de l'air et du feu), se propage en ligne droite de chaque point ardent; elle se réfléchit, comme la lumière, à la surface d'un miroir de métal; mais cet effet est d'autant moins sensible, que le miroir est plus échauffé. Le même auteur ajoute qu'un miroir de verre réfléchit la lumière du foyer d'un poële allumé, mais non pas la chaleur; qu'il absorbe cette dernière et s'échauffe sans la réfléchir.

Maintenant, si nous considérons la surface intérieure d'un four de verrerie, nous voyons qu'elle est tellement échauffée, qu'il en découle des gouttes de verre, température bien supérieure à

celle que Schèele a employée dans les expériences précédentes, et dans lesquelles, cependant, la réflexion des rayons ardens n'avait plus d'action. Ainsi, l'ardeur rayonnante ne se réfléchit point dans nos fours de fusion, suivant les lois de la lumière à la surface des corps. Le principe de la réflexion des rayons ardens dont on s'est servi pour déterminer la courbure de la voûte de ces fours n'y est donc pas applicable.

51. Chaque partie de la flamme qui remplit la capacité d'un fourneau à deux mouvemens distincts, régis par des lois qui sont particulières à chacun, et d'où dépend l'introduction du calorique entre les molécules des corps qui y sont exposés. Le premier est un mouvement de translation, en vertu duquel la flamme agit par son choc à la surface des corps, à la manière des autres fluides élastiques, et tend à y faire entrer le calorique avec plus ou moins d'abondance et d'efficacité, suivant la direction du mouvement relativement à la surface choquée, à la vîtesse du courant et à la quantité de calorique libre qui se dégage continuellement par la combustion. Cette action est très-puissante pour rompre la force d'agrégation des corps, et les faire passer à l'état liquide.

Comme dans la pratique de l'art de la verrerie, il est essentiel que les matières vitrifiables éprouvent la même température dans tous les creusets, afin que le verre qui en résulte, soit homogène, non seulement dans le même creuset, mais encore d'un creuset à l'autre, on tâche de procurer à la flamme un mouvement égal vers tous les creusets, en distribuant les ouvreaux et les creusets simmétriquement par rapport à la capacité du four.

Lorsque cet arrangement est bien ordonné, on voit s'élancer, par chaque ouverture, un jet de flamme perpendiculaire aux parois. Sa force est un régulateur qui indique suffisamment si le mouvement est le même dans toutes les parties; et si l'on apperçoit de l'inégalité, on est à même d'y remédier par le moyen des regitres des foyers, en dirigeant un courant d'air plus fort vers les parties où le mouvement de la flamme est le plus faible.

Si cette cause était la seule qui influât sur la température, on serait à-peu-près maître de rendre son intensité égale dans toute la capacité du four; il n'y aurait point de différence sensible entre la température des différens points, pourvu que l'état du dégagement de calorique

restât constant. Il en serait de même entre les différens fourneaux semblables, mais de capacité différente, si l'abondance du calorique était proportionnelle à leur capacité avec une vîtesse égale. Cependant, quoique ces conditions soient remplies, la température n'est point la même, il faut avoir recours à une deuxième cause qui se joint à la première pour en trouver l'explication.

52. Le second mouvement qui anime chaque partie de la flamme est intestin et propre à chaque molécule. Il agit en tout sens et lance le calorique dans toutes les directions, comme si chaque point ardent était le centre d'une sphère. Dans cet état des choses, on conçoit qu'il doit en être de ces rayons calorifères comme de ceux de la lumière, dont la densité est, en raison inverse, des carrés des distances au point rayonnant. Quelque plausible que soit cette conséquence, il est prudent, pour ne rien hasarder, de consulter l'expérience. Voici ce qu'elle nous apprend, suivant MUSSENBROEK (cours de physique, tome 2, §. MDXXXII) :

« La force avec laquelle les corps s'échauf-
» fent, décroît en raison doublée de leur dis-
» tance au feu, ainsi que BRUNEL l'a découvert
» par plusieurs expériences.

„ Le célèbre REICHMANN a pareillement con-
„ firmé cette vérité par plusieurs expériences.
„ Il plaça, pour cela, différens thermomètres de
„ mercure, bien gradués, et qui suivaient exac-
„ tement la même marche, au-delà du foyer
„ d'une lentille convexe des deux côtés, avec
„ laquelle il rassemblait un faisceau de rayons
„ du soleil; et il découvrit alors que l'excès de
„ la dilatation du mercure, par-dessus celle que
„ le mercure éprouvait à l'ombre, ne s'écartait
„ point trop de la raison du carré de la distance
„ de ce thermomètre au foyer de la lentille. . . .
„ . . . . . *Que plus la chaleur était petite*,
„ *et moins cet excès de dilatation approchait de*
„ *la raison inverse du carré des distances; et, au*
„ *contraire, qu'il approchait davantage de ce rap-*
„ *port à proportion que la chaleur était plus*
„ *grande.* „

Il suit de ce qui précède et des expériences de SCHÈCLE (art. 50.), 1°. que la propagation des rayons caloriques qui émanent d'un point ardent se fait en ligne droite. 2°. Que l'action du calorique est, en raison inverse du carré des distances au point ardent.

Si l'on fait l'application de ces principes à la détermination de la température de différens

fourneaux et aux divers points de la capacité du même fourneau, rempli d'une flamme de densité égale, on en déduira les propositions suivantes : (*Voyez* note IV).

53. *Première proposition.* Dans différens fourneaux de figure sphérique, l'intensité du calorique, pour des points situés semblablement dans l'intérieur de chacun, est proportionnelle au rayon de la sphère ; en sorte que dans deux fourneaux, dont le second aura un rayon ou un diamètre double ou triple de celui du premier, l'intensité sera aussi double ou triple. Or, quand le rayon est double ou triple, le volume ou la capacité est respectivement huit fois ou vingt-sept fois plus grand. Ainsi, en se servant de fourneaux de différentes grandeurs, pour obtenir deux ou trois fois autant d'intensité de calorique, il faut consommer des quantités de combustibles, respectivement huit fois ou vingt-sept fois aussi grandes.

On voit par-là combien est dispendieuse l'augmentation de température, provenant de l'agrandissement des dimensions des fourneaux. Il est vrai que les creusets restant toujours la même partie aliquote de la capacité du four, on peut fondre une quantité de matières proportionnée à

cette capacité ; mais comme la grandeur de leurs dimensions exige une augmentation dans leur épaisseur, ce qui les rend incommodes et empêche la transmission du calorique, que la rupture d'un seul entraîne la perte d'une grande quantité de matières, on préfère de se restreindre à des dimensions qui n'exposent pas à tant d'inconvéniens. Il est plus commode de se procurer une augmentation de température, en augmentant la densité de la flamme par la consommation d'une plus grande quantité de combustible; ainsi, dans le même fourneau, la température peut devenir double ou triple par la consommation du double ou du triple seulement de matière combustible, si les dimensions des foyers et des ouvreaux le permettent.

Ces deux moyens d'augmentation de température sont utilement employés à-la-fois ; et l'on a reconnu par expérience que les limites dans lesquelles on pouvait faire varier les diamètres des fours de verrerie pour atteindre ce but, étaient de 4 à 8 pieds (1,30 à 2,60 ^{m}).

54. *Deuxième proposition.* Dans le même fourneau sphérique, les dégrés d'intensité de calorique à la surface, au tiers, à la moitié, aux deux tiers du rayon et au centre de la sphère

sont entr'eux; à très-peu-près, comme les nombres 100, 167, 182, 192 et 200. Ainsi, la température au centre est double de celle qui a lieu au bord ou à la surface du fourneau. On voit par-là avec quelle rapidité la température d'un point augmente à mesure qu'on approche du centre. Cette vérité se trouve confirmée par une expérience journalière. Quand on veut s'assurer de l'action vitrifiante d'un alkali fixe que l'on soupçonne mélangé de sels étrangers, l'essai s'en fait communément sur l'ouvreau, c'est-à-dire, au bord du four ou à sa surface. Dans cette position, il faut toujours employer pour la vitrification du quartz une dose d'alkali beaucoup plus forte que dans l'intérieur du four; et l'on y a égard dans le mélange des matières pour les travaux en grand.

Dans la plupart de nos constructions, le diamètre d'un pot est le tiers à-peu-près de la largeur du four. Ainsi, la partie la plus avancée dans le four éprouve une température de bien peu inférieure à celle du milieu du four; cette disposition, établie pour la commodité des manœuvres, est donc également fondée en principes.

55. *Troisième proposition.* Dans une demi-

sphère, les dégrés d'intensité de calorique pour des points situés sur l'axe à la surface de la calotte, au tiers, à la moitié, aux deux tiers du rayon, et au centre de sphéricité, sont entre eux, à-peu-près, comme les nombres 84, 142, 150, 149 et 100.

Lorsque l'on fait usage d'un pareil fourneau, le creuset doit donc être placé au milieu sur un support et se trouver élevé jusques vers le milieu de l'axe, si l'on veut profiter de la plus haute température.

Tous les fourneaux de calcination, la plupart des fourneaux de fusion pour les métaux approchent plus ou moins de cette figure; et l'on voit par ce qui précède, que la matière à calciner ou à fondre, qui repose sur l'âtre, n'éprouve jamais la plus haute température du fourneau.

Quant au rapport entre les dégrés de température dans la sphère et dans la demi-sphère, ils sont entr'eux, respectivement, comme les nombres ci-dessus.

56. Ce n'est pas sans motif que j'ai fait l'application des lois de la propagation du calorique à la sphère. Cette figure jouit de plusieurs propriétés qui la font employer dans beaucoup de

constructions. Indépendamment de la facilité de la coupe des voussoirs, de la solidité de l'ouvrage moins sujet à changer par l'ébranlement ou par la retraite de l'argile, la figure sphérique présente encore, sous le même volume, le moins de surface possible à l'action de la flamme et des fumées des fondans qui tendent continuellement à altérer la voûte en la vitrifiant. Par son moyen, on peut rassembler un volume déterminé de flamme, à la moindre distance possible, d'un ou plusieurs points à échauffer ; et, par conséquent, leur procurer la plus haute intensité de température, toutes choses restant d'ailleurs égales.

QUATRIEME PARTIE.

Du choix et de la préparation des matières vitrifiables.

57. Les substances qui, exposées à l'action d'un feu actif et permanent, y restent fixes, et sont susceptibles de passer à la vitrification, soit seules, soit par la combinaison réciproque des unes avec les autres, sont de trois espèces, les terres, quelques sels et les oxides métalliques.

58. Aucune terre ne peut seule parvenir à la fusion par l'action du feu de nos fourneaux. Des mélanges de quelques-uns, dans des proportions convenables, y contractent une union assez intime pour y prendre divers dégrés de consistance dans l'état solide, un commencement plus ou moins avancé de combinaison au point d'acquérir une demi-transparence. Ces préparations ont donné lieu à diverses bran-

ches d'industrie très-précieuses, telles que la poterie la plus commune, les différentes espèces de fayance, la poterie, dite cuite, en grès, et, enfin, la porcelaine. L'alumine y entre toujours dans des proportions plus ou moins grandes.

L'addition des autres terres sert ou à diminuer la compacité de la masse, comme dans la poterie et la fayance communes, afin de les rendre susceptibles du passage brusque du chaud au froid, ou bien à opérer un premier dégré de combinaison, de manière à former un tout homogène et compact, comme dans la poterie cuite en grès et la porcelaine.

Si le mélange est tel qu'il parvienne à la fusion, il en résulte un verre opaque ou transparent, suivant la nature de ses principes constitutifs et leur proportion; mais, jusqu'ici, ces vitrifications, purement terreuses, n'ont pu donner lieu à aucune fabrique de verrerie. Nous verrons que plusieurs terres peuvent cependant entrer utilement dans des compositions de matières vitrifiables; mais toutes, à l'exception d'une seule, n'y sont qu'accessoires.

Quoiqu'aucune terre simple ne puisse isolément être fondue dans nos fourneaux, cepen-

dant l'exemple que l'on avait de la fusion du mélange de plusieurs d'entr'elles, et de toutes en général, par le moyen de flux convenables, a dû faire rechercher les moyens les plus simples d'y parvenir par des combinaisons une à une, deux à deux, etc.

59. Si l'on expose à un feu vif et constant chaque terre simple avec les divers sels, on s'aperçoit qu'il n'y a qu'un petit nombre de ces sels qui aient la propriété d'opérer la fusion de la terre, et de la tenir en dissolution au feu pour rester combinés ensemble, faire un verre homogène, opaque ou transparent, après le refroidissement. Cette manière de procéder a fait exclure du nombre des flux ou fondans-salins, 1°. tous les sels volatils ou qui ne peuvent pas rester fixes au feu de verrerie. Tels sont les sels ammoniacaux ; 2°. les sulphates et les muriates soit terreux, soit alkalins, dont la combinaison des principes est déjà si forte, que leur action réciproque est épuisée, et ne leur permet pas d'admettre une autre terre en combinaison avec eux, quoiqu'ils soient susceptibles de fusion au feu de verrerie.

60. Les flux ou fondans-salins, auxquels l'expérience a obligé de se restreindre, sont,

1°. l'acide phosphorique, ou plutôt le sel connu autrefois sous le nom de sel microcosmique, dans lequel l'acide est saturé en partie par la soude, et en partie par l'ammoniaque. 2°. L'acide boracique, ou plutôt le borax lui-même, sel neutre, composé d'acide saturé, seulement en partie de soude. 3°. L'alkali fixe en général, qui comprend la potasse et la soude.

Les deux premiers flux ne s'emploient, à cause de leur rareté et de leur haut prix, que dans les vitrifications d'essais ou en petit. Ils dissolvent des doses beaucoup plus fortes de chaux, de baryte, de magnésie et d'alumine, que de silice.

Au contraire, les quatre premières terres ne se dissolvent qu'en petite qualité dans l'alkali fixe; mais ce sel a une puissante action sur la silice. Le verre qui résulte de la combinaison de la silice avec l'alkali fixe, dans des proportions convenables, est solide, parfaitement transparent; imite le cristal de roche, et ne se laisse attaquer par aucun acide connu, à l'exception de l'acide fluorique. Ces qualités, l'abondance et le prix modéré auquel on peut se procurer la silice et l'alkali fixe en ont fait la base de toutes nos fabriques de verre.

De la silice.

61. La silice est abondamment répandue à la surface et dans l'intérieur de la terre. On la trouve en masses compactes, faisant feu avec l'acier sous la forme de grès, de quartz, de cailloux ou silex, d'où elle a pris son nom; en cristaux transparens, connus sous le nom de cristaux de roche; enfin, divisée en petits grains sous la forme de sable. C'est sous cette dernière qu'on l'emploie dans les compositions de matières vitrifiables; et lorsqu'on veut se servir de grès, de quartz ou de cailloux, il faut préalablement les réduire en sable ou en poudre, soit en les brisant à coups de masse, s'ils ne sont pas très-durs, et s'ils sont friables, soit en les faisant rougir au feu, les jettant ensuite dans l'eau froide pour les faire éclater, et les broyant sous des meules de grès.

La silice pure est blanche; elle ne se laisse attaquer ni par l'eau ni par les acides, à l'exception de l'acide fluorique. Exposée au feu le plus ardent, elle y reste fixe, sans se fondre ni diminuer de poids.

Elle se dissout avec effervescence par la voie sèche, dans l'alkali fixe pur en fusion, en plus

ou moins grande abondance, suivant le dégré de feu auquel elle est exposée. Si la dissolution est telle qu'elle contienne deux ou trois parties d'alkali contre une de silice, le composé est soluble dans l'eau (c'est la liqueur des cailloux), et la silice peut en être précipitée par tous les acides, même par l'acide carbonique. La silice, ainsi précipitée, est de nouveau dissoluble dans l'alkali fixe pur, et privé d'acide carbonique, même par la voie humide.

Si l'on fait fondre à un feu suffisant, pour opérer une dissolution complette (environ 3000 dégrés de température du thermomètre de Réaumur), parties égales d'alkali fixe et de terre siliceuse (quartz ou caillou), il en résulte un verre net, transparent, homogène et sans couleur, dans la composition duquel il reste, après la vitrification, environ 550 parties de silice et 450 d'alkali; mais ce verre attire fortement l'humidité, se résout peu-à-peu en liqueur et se laisse décomposer par les acides.

Si le dégré de feu est tel que le verre qui y est produit ne contienne plus dans sa combinaison après la vitrification, qu'une partie d'alkali fixe sur quatre de silice, alors les parties alkalines sont suffisamment défendues par la silice, pour

que ce verre ne soit plus attaquable ni par l'eau ni par les acides, à l'exception du fluorique. On obtient ces résultats, pourvu que la température ne soit pas moinde de 8000 dégrés, et que le feu soit continué assez de tems pour dissipper tout l'alkali surabondant à la quantité ci-dessus nécessaire pour tenir la silice en dissolution. Ce dernier verre est solide, net et sans couleur, comme le cristal de roche. Ainsi, la silice se dissout en quantité d'autant plus grande dans l'alkali, que la température est plus élevée.

La dissolution est d'autant plus prompte, que la terre siliceuse se trouve dans un plus grand état de division ou de ténuité avant d'être mêlée avec l'alkali. C'est pour cela que l'artiste choisit le sable le plus fin pour ses compositions de verre; il y trouve la triple économie du tems et du combustible par une prompte dissolution, et celle de l'alkali dont la majeure partie se dissipe pendant la fonte en quantité, proportionnée au tems de sa durée. En effet, dans l'opération de la vitrification, l'alkali étant en fusion attaque les grains de sable par leur surface et de proche en proche; son effet est d'autant plus lent pour arriver jusqu'aux parties du centre de chaque grain, que la masse en est plus grande rela-

tivement à la surface. Il n'est donc pas étonnant que du sable à gros grains fonde plus lentement qu'un sable plus fin. D'un autre côté, la violence du feu est telle, qu'il enlève successivement une partie de l'alkali en fusion, ce qui donne lieu au torrent de vapeurs épaisses qui se dégagent pendant la fonte. La perte de l'alkali, ainsi dissipé, est donc proportionnée au tems de la fonte : or, pour obtenir au feu de verrerie ordinaire, (environ 8000 degrés,) un verre solide qui ne conserve après la vitrification qu'une partie d'alkali sur quatre de silice, si l'on emploie un sable de moyenne grosseur, tel que celui de Creil, près Senlis, on est obligé de mélanger deux parties d'alkali avec quatre parties de sable avant la fusion D'où il suit qu'il ne reste réellement dans le verre, comme partie constituante, que la moitié de l'alkali primitivement employé; l'autre moitié est dissipée en pure perte pendant la durée de la fonte. Si l'on broye le même sable de manière à le réduire en poudre, l'économie de l'alkali, dans le mélange de la composition, devient très-sensible, et cependant les parties constituantes du verre fondu au même feu ne changent pas. La finesse du sable est une des causes qui le font regarder par plusieurs artistes comme plus ou moins fondant, à raison de la

dose d'alkali qu'il exige pour sa vitrification, et c'est pour cela qu'on a établi l'usage dans plusieurs verreries de faire rougir le sable au feu, et de l'éteindre subitement dans l'eau froide pour en opérer la division.

62. Le sable que l'on extrait de la surface ou du sein de la terre, est toujours mélangé de substances étrangères. La première opération à lui faire subir, est de le laver dans une eau claire, ce qui s'exécute dans des baquets. On retourne le sable avec des pelles de bois. Dans ce mouvement, les corps plus légers que l'eau parviennent à sa surface ; toutes les terres, moins pesantes que le sable, y restent suspendues plus long-tems que lui, et s'en séparent par la décantation. Cette opération se répète jusqu'à ce que l'eau sorte aussi limpide qu'elle avait été employée. Dans cette opération, le déchet sur le sable est communément de 2 à 4 pour cent de son poids.

S'il ne contient plus d'autres terres, et s'il n'est coloré par aucun oxide métallique, ou par quelque bitume, ses grains, vus à la loupe et au soleil, sont parfaitement blancs et transparens. Ce sable présente tous les caractères attribués au quartz; c'est celui qui est propre

à la fabrication des verres blancs de toute espèce, à celle des cristaux artificiels, aux verres propres à recevoir les couleurs qui lui font imiter celles des pierres précieuses naturelles; en un mot, il sert de base à toutes nos belles vitrifications.

63. Si le sable n'est coloré que par des matières végétales ou animales, ou par des bitumes, on le fait rougir au feu pour brûler ces substances; on l'éteint et on le lave ensuite dans l'eau avant de l'employer au mélange des compositions; mais s'il est coloré par quelque oxide métallique, la calcination et le lavage dans l'eau ne peuvent l'en dépouiller. Un tel sable porte toujours de la couleur dans le verre, et n'est point propre à nos fabriques de verres blancs. Cependant, il peut être utilement employé à d'autres vitrifications pour des verres communs demi-blancs, des verres à vitres, des bouteilles à vin. Les oxides métalliques dont il est chargé, parmi lesquels celui du fer est le plus commun, et se fait facilement reconnaître, le rendent plus fusible que s'il était pur, et contribuent ainsi à diminuer le prix de ces sortes de verres.

64. Les phénomènes que présente l'action

dissolvante de l'alkali sur la terre siliceuse naturelle ou sable pur, blanc, transparent comme le cristal de roche, méritent une attention particulière des physiciens.

Le sable se dissout avec effervescence, quoique l'alkali soit pur, privé d'acide carbonique. Le gaz qui en résulte ne peut pas être attribué à une décomposition de l'alkali, puisqu'on peut retirer ce dernier du verre, lui-même, par voie de décomposition, soit en faisant fondre le verre dans l'eau ou à l'humidité de l'air, et précipitant ensuite la silice par l'acide carbonique, si ce verre contient à-peu-près parties égales d'alkali et de silice, soit en faisant fondre le verre dans l'alkali pour en former de la liqueur des cailloux, si c'est un verre solide contenant, par exemple, quatre parties de silice sur une d'alkali. Il est donc naturel de penser que le gaz provient du sable lui-même, et que celui-ci n'est autre chose qu'une cristillisation de la silice par le moyen de la base de ce gaz; d'où il s'ensuivrait que le cristal de roche ne serait lui-même qu'une combinaison pareille, de même que nos verres artificiels en sont une de la silice avec l'alkali.

65. La transparence du verre, composé de silice et d'alkali ne dépend pas seulement d'une dissolution complette de la terre dans le sel, mais bien encore de la proportion qui existe entre ces deux substances composantes du verre. En effet, si l'on fait une dissolution telle qu'il reste dans la combinaison une partie de silice sur deux d'alkali, la masse qui en résultera sera opaque, à raison de la grande quantité d'alkali, lequel ne devient jamais transparent après le refroidissement, lorsqu'il est fondu seul.

Si le verre ne contient que parties égales de silice et d'alkali, cette combinaison, quoique lâche, dissoluble dans l'eau, est transparente, sans cependant avoir autant d'éclat que les combinaisons dans lesquelles la silice entre en plus grande dose. Enfin, si la combinaison est telle que sur 1000 parties il n'y reste que 200 ou même 150 parties d'alkali, le verre est dur, net, brillant, transparent, et approche de la beauté du cristal de roche. Ainsi, la beauté de ces verres est en raison directe de la quantité de silice, et en raison inverse de la quantité d'alkali qui en sont parties constituantes. Ces produits dépendent de l'intensité du feu employé à

opérer ces combinaisons, et du tems nécessaire pour dissiper tout l'alkali surabondant.

Supposons que l'on mêle ensemble une partie de sable et une et demie d'alkali. Ce mélange, tenu en fusion à une température d'environ 3000 dégrés, pendant un ou deux jours, se convertira en verre, tendre à la verité, et dans lequel il restera parties à-peu-près égales de silice et d'alkali.

A une température de 9000 dégrés, environ, ce mélange donnera un verre solide, composé d'environ quatre parties de silice contre une d'alkali.

Enfin, à une température de 10 à 12000 dégrés, 1000 parties de verre provenant toujours de la même composition, ne contiendront plus qu'environ 150 d'alkali et 750 de silice.

Dans tous ces cas, la température restant la même dans chacun, la qualité de verre, les proportions de silice et d'alkali dont ils restent composés, sont aussi constantes pour chacun, quoique différentes entr'elles. Tout l'alkali surabondant, à raison de la température, s'est dissipé. Il est donc important pour obtenir des

verres solides, peu alkalins et chargés de silice, d'employer la plus haute température que l'argile du four et des creusets puisse soutenir sans être fondus eux-mêmes. Il en résulte une grande économie, 1°. sur le tems, parce que la fonte et la dissipation de l'alkali surabondant sont d'autant plus promptes que la température est plus élevée; 2°. sur la consommation du combustible, qui est proportionnée à la durée des fontes et de l'affinage ou dépuration du verre par la dissipation de l'alkali surabondant; 3°. sur la consommation de l'alkali à employer dans les mélanges, parce que le sable exige d'autant moins d'alkali pour être mis en fusion que la température est plus élevée. Ainsi, par exemple, si l'on opère à une température de 3000 dégrés, le mélange pourra être de 150 parties d'alkali sur 100 de sable; à une température de 9000 dégrés, de 100 parties d'alkali sur 200 de sable; à une température de 10 à 12000 dégrés, de 100 parties d'alkali sur 225 de sable.

66. Nous venons de voir que la silice se dissout dans l'alkali fixe, en quantité d'autant plus grande que la température est plus élevée. Cette propriété ressemble, sous ce point de vue, à celle de plusieurs sels qui se dissolvent dans

l'eau chaude en plus grande quantité que dans l'eau froide; mais la comparaison n'est plus la même, si l'on considère ce qui arrive à ces dissolutions par le refroidissement. A mesure que la température diminue, après la dissolution dans l'eau, une partie des sels se précipite. Au contraire, quelque lent que soit le refroidissement du verre, et quelqu'abondante que soit la proportion de la silice, la cristalisation se fait sans séparation d'aucune des parties constituantes, propriété bien remarquable de cette combinaison, et qui n'a pas lieu pour la chaux. Voilà pourquoi les verres faits avec la silice seule et l'alkali peuvent être amenés à un grand dégré de netteté et de transparence, exempts de stries, parce que la combinaison reste constante, sans éprouver de tendance à la séparation de leurs principes, quoique la température vienne à changer. A côté de cette qualité remarquable et précieuse, il se trouve des inconvéniens qui ont obligé tous les artistes à introduire en même tems d'autres substances dans leurs compositions. Les verres précédens sont tous fragiles; ils transmettent difficilement le calorique, et sont, par conséquent, sujets à se briser, en changeant brusquement de température. Ils sont durs, peu flexibles, difficiles à travailler et à couper avec

le diamant. Nous allons voir comment on est parvenu à diminuer ces inconvéniens.

De la chaux.

67. La terre calcaire ou carbonate de chaux, la craie, par exemple, ne se vitrifie point seule au feu de verrerie. Elle exige même, pour sa vitrification, une dose d'alkali fixe, beaucoup plus grande que la silice, et elle n'y parvient qu'après avoir préalablement été convertie en chaux, et privée de l'acide carbonique qui la neutralisait. De-là vient la vive effervescence qui se manifeste pendant la fonte des matières vitrifiables, où il entre du carbonate de chaux. Le gonflement de la matière peut être tel qu'elle s'extravase si l'on emplit les pots. A ne considérer que la nature du verre, il serait presqu'indifférent d'employer le carbonate de chaux ou la chaux même dans le mélange des compositions, pourvu que cette terre ne contînt aucune matière combustible capable de colorer le verre. Toute la différence consisterait à employer une plus grande dose de carbonate que de chaux, à raison de la quantité d'acide carbonique que cette terre contient, et qui se dissipe avant qu'elle parvienne à la fusion. Il y a

des verreries où l'on emploie réellement cette terre dans son état naturel, sans la calciner ; mais alors on est obligé de faire un plus grand nombre de fontes dans les pots, pour parvenir à les remplir successivement.

Quelque prompte que soit la calcination du carbonate de chaux, au feu de verrerie, néanmoins il en résulte un retard préjudiciable dans la fusion ; une partie du calorique de l'intérieur du four est employée à la conversion de l'acide carbonique en gaz ; l'humidité que contient toujours le carbonate de chaux en absorbe aussi une autre portion ; ces vapeurs traversant l'alkali en emportent une partie, et diminuent d'autant la dose de ce fondant ; enfin, si le carbonate de chaux contient quelque matière combustible, qui eût pu être brûlée par le feu de calcination, cette matière se charbonne et colore le verre. C'est pour remédier à ces inconvéniens que l'usage s'est établi, dans la plupart des verreries, d'employer, soit la chaux vive, soit la chaux effleurie au lieu du carbonate naturel, dans la composition des matières vitrifiables.

68. Le principal motif qui fait employer la chaux concurremment avec la silice est la propriété qu'elle donne au verre, de transmettre

plus facilement le calorique, et qui le rend moins fragile par l'alternative du chaud et du froid, de se laisser travailler, et couper plus facilement qu'un verre purement siliceux.

Les verres les plus anciens qui soient parvenus jusqu'à nous, étaient loin d'avoir la blancheur et l'éclat de nos verres modernes: Tout, en eux, annonce qu'au lieu d'extraire l'alkali, on employait les cendres mêmes des végétaux avec la silice pour la vitrification. C'est encore ce qui se pratique à Venise pour la fabrication des glaces, en se servant des cendres de kali; à Tour-la-Ville, près Cherbourg, pour le soufflage des glaces; dans beaucoup de petites verreries, soit de gobeletterie commune, soit de verres à vitres communs, dans les verreries à bouteilles, et même ce qui avait lieu à Saint-Gobain, dans les premiers tems du coulage des glaces.

Un mélange convenable de sable et de cendres bien calcinées formait toute la composition des matières vitrifiables. Le verre qui en provenait avait toute la solidité désirable, quand il était bien cuit; mais il n'avait ni la blancheur, ni les qualités réfringentes de nos verres blancs et de nos cristaux, dans la composition des-

quels on fait entrer l'alkali fixe extrait des cendres et non pas les cendres elles-mêmes.

Ce n'est que depuis le renouvellement des sciences physiques en Europe, et particulièrement de la chimie, qu'on a commencé à extraire l'alkali fixe des cendres des végétaux pour la vitrification, afin d'éviter les couleurs qu'y porte toujours la terre de ces mêmes cendres ; et, comme la plus grande partie de cette terre est de nature calcaire, il était naturel de la remplacer dans la vitrification par une terre, de même espèce, plus pure, et qui ne portât point de couleur dans le verre. La terre calcaire, ou plutôt la chaux, privée d'acide carbonique, remplit parfaitement cet objet pour les verres blancs légers, pourvu qu'elle n'y entre que dans des proportions convenables.

69. La chaux ne se dissout dans l'alkali fixe que dans une proportion beaucoup plus petite que la silice, environ la sixième partie de la silice au feu de verrerie. C'est la plus grande dose de chaux que l'on puisse mettre en fusion à cette température ; mais il ne faut pas croire que ce soit celle que l'on puisse employer dans la composition du verre. Quoique parfaitement fondue dans cette opération, la chaux se précipite par

le refroidissement, se sépare de l'alkali, et la masse vitreuse devient opaque. Cette propriété de la chaux est bien différente de celle de la silice. L'une et l'autre de ces terres se dissolvent dans l'alkali, en quantité d'autant plus grande que la température est plus élevée; mais la dissolution une fois faite, la silice ne se sépare plus, elle se cristallise en un verre transparent par le refroidissement, tandis que la chaux se sépare et forme une masse laiteuse et opaque, si elle est en trop grande dose. Ce motif a resserré dans des bornes très-étroites l'emploi de la chaux dans la vitrification, et l'on est obligé de s'arrêter au-dessous du terme auquel elle commence à occasionner de l'opacité dans le verre pendant sa cristallisation. C'est ainsi que l'expérience a fait connaître que sur cent parties de sable, on ne doit pas mettre plus de sept parties de chaux vive pour obtenir un verre transparent; tandis que la dose pourrait en être beaucoup augmentée, si l'on n'avait pour objet que d'opérer une fusion qui donnerait une masse vitreuse, opaque par le refroidissement.

Un autre motif de n'employer la chaux qu'avec beaucoup de réserve, c'est que, pendant la vitrification, elle attaque la matière des creusets

composée de quartz et d'alumine. Il en résulte un verre à trois bases terreuses, dont le mélange avec celui de la fabrication, altère l'homogénéité et la couleur de ce dernier, et le rend, le plus souvent, fragile par l'alternative du chaud et du froid.

Si ces motifs ne permettent qu'un usage extrémement borné de la chaux dans les compositions de verres blancs, il n'en est pas de même pour celles de certains verres communs. Dans ce dernier cas, on peut remédier à la destruction des pots en portant d'avance, dans le mélange des matières vitrifiables, toute la dose d'argile nécessaire à la saturation réciproque de la chaux, de l'alumine et de la silice. Tout étant mis en fonte à-la-fois, il n'en résulte plus un alliage de verre différent, mais une dissolution réciproque dont le produit est un verre solide; et l'on préserve ainsi les pots d'une prompte destruction. Cette méthode a été avantageusement employée pour des fabrications de verres à bouteilles.

Si l'on emploie du carbonate de chaux, au lieu de chaux, il suffit, si elle réunit les qualités que nous avons détaillées (67 et suivans), d'en employer une dose plus considérable que

de chaux vive, en proportion de la perte qu'elle éprouve par la calcination ; c'est-à-dire, qu'on peut employer environ huit parties de craie au lieu de cinq de cette terre calcinée.

Des circonstances particulières peuvent faire donner la préférence au carbonate de chaux. Cela arrive toutes les fois que l'alkali fixe dont on fait usage, comme fondant, est mélangé de sulfate de potasse ou de soude. Le carbonate de chaux opère, pendant la fonte, la décomposition d'une quantité plus ou moins grande de ces sels, suivant leur proportion avec le carbonate, en chasse l'acide, les ramene à l'état d'alkali, et propres à la vitrification ; et comme il est rare que les potasses et les soudes du commerce ne contiennent pas de ces sels sulphuriques, il peut être avantageux d'employer dans les compositions, le carbonate au lieu de la chaux. Si la fabrication est en verre blanc, on prend la précaution de convertir d'abord le carbonate en chaux, afin de brûler toutes les matières combustibles que la terre ou la pierre peuvent contenir, et qui ne manqueraient pas de porter une couleur dans le verre. On laisse ensuite effleurir la chaux à l'air, ou en l'arrosant avec de l'eau pour en hâter la division, afin de

la rétablir à l'état de carbonate privé de matières combustibles.

Mais si la fabrication est en verres communs, cette précaution est le plus souvent inutile. La terre des cendres s'emploie directement, et produit même plus d'effet quant à la décomposition des sels neutres, tant à cause de sa base calcaire que des parties charbonneuses qu'elle retient.

Voilà pourquoi les diverses espèces de cendres de soudes, telles que celles de Vareck, jouissent d'une qualité vitrifiante bien supérieure à celle que l'alkali libre qu'elles contiennent ne pourrait faire espérer. Ces cendres sont chargées d'une dose assez forte de sulfate de soude, dont une partie se décompose, et contribue, conjointement avec l'alkali libre, à la vitrification, tant du sable que de la terre de ces cendres mêmes. S'il en était autrement, aucune verrerie ne pourrait faire usage de la plupart des soudes de Vareck. (*Voyez* la note V pour de nouveaux détails.)

De l'alkali fixe.

70. L'alkali fixe est le flux ou fondant dont on

se sert pour faire fondre le mélange de sable et de chaux, qui, conjointement avec lui, doivent produire le verre. Ces trois substances forment seules les matières de tous nos verres légers; mais si l'on met une ou plusieurs oxides métalliques en remplacement de la chaux, on obtient des verres pesans, soit blancs, soit colorés, connus sous le nom de cristaux.

On connaît deux espèces d'alkali fixes, la potasse et la soude; l'un ou l'autre s'emploie de préférence, suivant la facilité de se le procurer.

De la potasse.

71. La potasse s'extrait des cendres des végétaux de toute espèce, à l'exception de quelques espèces de kalis, qui, croissant dans certaines contrées sur les bords de la mer, fournissent la soude.

Les végétaux qui fournissent le plus de potasse, sont en général, 1°. les plantes, telles que le tournesol, les chardons, les orties, le bouillon blanc, la ciguë, l'yeble, le grand senneçon, le panais sauvage, les glayeuls, les joncs, etc., et une variété prodigieuse de grandes plantes terrestres ou marécageuses; 2°. les arbustes, tels

que le genêt, le jonc marin, le genevrier, le houx, la bruyère, la viorne, le lierre, le troêne, les épines, les ronces, les sarmens de vigne, etc.; 3°. l'émondage ou petites branches des arbres, soit forestiers, soit cultivés, leurs feuilles, et, enfin, le bois de ces arbres.

4°. Le fruit particulier du marronnier d'Inde.

On convertit en cendres tous ces végétaux dans des fosses pratiquées en plein air et en terre, avec l'attention de battre fortement la terre de la fosse pour éviter qu'il ne s'en mêle avec les cendres.

Les plantes doivent être recoltées un peu avant leur maturité et avant la chûte de leurs feuilles, si l'on veut en obtenir la plus grande quantité de cendres. Brûlées convenablement, après les avoir laissées faner suffisamment pour subir l'inflammation, ces plantes peuvent fournir depuis deux jusqu'à dix pour cent de leurs poids en cendres.

Les arbustes en fournissent de deux à cinq pour cent, et communément trois pour cent.

Les tontures, menues branches et feuilles des arbres, deux à six pour cent, et communément trois à quatre.

Enfin, le bois des arbres depuis un tiers

jusqu'à deux et trois quart pour cent, et communément un pour cent.

La combustion doit être la plus complette qu'il est possible, afin d'éviter d'y laisser des charbons.

Les cendres doivent être exposées dans un bâtiment clos, à l'abri du vent, au contact de l'air, afin d'en attirer l'acide carbonique, et faire lâcher prise au carbone, qui s'est combiné avec la potasse caustique pendant l'incinération, et qui colorerait la lessive dans laquelle il resterait en dissolution et le salin qui doit en provenir.

72. Ces cendres se lessivent dans des cuviers de bois, percés horizontalement d'un trou au niveau de leurs fonds et avec une champelure. Ce trou est recouvert, en dedans, d'un tesson de pot ou d'une planche percée de petits trous pour laisser passer la lessive, sans que les cendres puissent boûcher la champelure. On met sur le fonds du cuvier de la paille ou de menues branches; on les recouvre d'une toile pour empêcher la cendre de passer. On emplit ensuite le cuvier de cendres jusqu'à près d'un décimètre du bord. On en presse un peu la surface et on l'élève autour du bord, afin que l'eau ne s'infiltre pas trop facilement le long des parois du cuvier.

On emplit ensuite le cuvier d'eau ; on l'y laisse reposer neuf à dix heures ; on fait sortir cette lessive par la champelure ; on remet de nouvelle eau sur la même cendre ; on l'y laisse reposer deux heures ; on la tire par la champelure ; on met ensuite successivement encore de nouvelle eau qu'on laisse séjourner, chaque fois, pendant environ deux heures, jusqu'à ce que la dernière eau ne marque plus qu'environ un quart de dégré au pèse-liqueur, c'est-à-dire, jusqu'à ce que la derniére lessive ne contienne plus qu'un quart pour cent de sel. On fait évaporer les lessives dans des chaudières de fer. Le résidu obtenu de la lessive par l'évaporation de l'eau est connu sous le nom de salin ou de sel de cendres. On le fait calciner à un feu doux de réverbère pour brûler les matières extractives et le charbon que les lessives avaient retenus. Il prend alors le nom de potasse. Pour la conserver, on l'enferme dans des tonnaux à l'abri de l'air extérieur, et on la met dans un lieu sec. Le produit en potasse est depuis huit jusqu'à vingt pour cent du poids des cendres.

Dans les travaux en grand et avec un atelier convenable, l'opération se fait, avec économie, de la manière sivante :

Supposons cinq rangées différentes de cuviers. Appelons 1, la 1ere. rangée; 2, la seconde, etc.

La 1ere lessive sortant des cendres neuves, n°. 1, sera envoyée dans le réservoir commun pour les évaporations.

La 2e. lessive sortant du n°. 1, sera versée sur les cendres neuves, n°. 2; et la lessive du n°. 2, envoyée dans le réservoir.

La 3e. lessive sortant du n°. 1, sera versée sur le n°. 2, déjà lessivé une fois. Cette lessive sortant du n°. 2, sera versée sur des cendres neuves, n°. 3; et cette dernière envoyée dans le réservoir.

La 4e. lessive du n°. 1, sera versée sur les cendres du n°. 2, déjà lessivées; du n°. 2 elle passera sur les cendres n°. 3, lessivées une fois; et de celles-ci, sur des cendres neuves, n°. 4, d'où elle sera envoyée dans le réservoir, etc. etc.

Par ce moyen, les lessives du réservoir seront aussi chargées qu'il est possible avant de commencer l'évaporation. Leur dégré de concentration sera d'environ vingt dégrés. Quant à l'eau neuve que l'on met sur la rangée qui a déjà subi quatre lavages, on en met un poids double

de celui des cendres neuves, pour achever de les dessaler le mieux possible.

73. Lorsque le lessivage se fait dans la verrerie même où l'on a intérêt d'obtenir une potasse qui ne porte point de couleur dans le verre, on doit éviter de se servir de chaudières de fer, et sur-tout de fer forgé, sur lesquelles la rouille prend facilement. On emploie, avec avantage, des chaudières de plomb.

La potasse bien calcinée sert pour les verres blancs, et le résidu terreux ou charrée sert dans les compositions de verres à vitres communs ou de bouteilles à vin.

La potasse que l'on trouve dans le commerce est souvent chargée de sels neutres, qui ne peuvent servir à la vitrification, soit qu'ils proviennent des végétaux qu'on a brûlés, soit qu'ils y aient été mis par fraude. Il est essentiel que l'artiste s'assure de la qualité de la potasse avant de l'acheter et de s'en servir,

Détermination de la quantité d'alkali contenu dans la potasse du commerce.

74. Faites dissoudre dans l'eau cent grammes de bonne potasse ou sel de tartre.

Faites dissoudre dans l'eau d'un 2e. vase cent grammes de la potasse du commerce que vous voulez essayer. Prenez deux portions séparées de dissolution d'alun. Précipitez l'alumine de chacune respectivement, par les dissolutions alkalines précédentes.

Faites sécher l'alumine au même dégré de chaleur et pesez.

Vous connaîtrez par-là combien cent grammes d'alkali du tartre auront précipité d'alumine. Comparant le précipité par la potasse, vous en conclurez la quantité d'alkali libre qu'elle contient sur cent grammes.

La même méthode est applicable à l'essai de la soude du commerce, en substituant de la soude pure à l'alkali du tartre du procédé précédent.

75. Les sels neutres qui se trouvent mêlés à la potasse ne nuisent pas seulement parce qu'ils en diminuent la proportion, mais pricipalement parce que ne pouvant se combiner avec la silice, il peut en rester de mélangés dans la masse du verre, ce qui y forme des corps étrangers opaques. Lorsqu'ils sont en fusion avec le verre, le mouvement occasionné par la violence du

feu les répand dans toutes ses parties, et le feu le plus long-tems continué serait à peine suffisant pour les dissiper. Le remède le plus efficace que l'on ait pu trouver jusqu'à présent, pour s'en débarrasser dans cet état, consiste à diminuer la chaleur du fourneau, quand le tems de la fonte est passé. Les sels neutres spécifiquement plus légers que le verre, s'élèvent à la surface, d'où on les enlève pour travailler le verre. Ils forment ce qu'on appelle *le sel* ou *fiel de verre ;* mais cette opération entraîne une perte de tems préjudiciable, et il peut rester du sel de verre dans les ouvrages que l'on fabrique.

Il s'y trouve ordinairement sous la forme de fleurs blanches assez semblables à des flocons de neige. Ces sortes de verres sont fragiles, sur-tout quand une partie du sel de verre se trouve à la surface. Il serait donc important de dépouiller la potasse des sels neutres qui s'y trouvent mêlés.

Ceux qui sont le plus communément mélangés avec la potasse, sont le sulfate, le muriate de potasse et le muriate de soude ; ce dernier y est souvent mis par fraude de la part des fabricans. Ces trois espèces sont beaucoup moins solubles dans l'eau que la potasse ; en sorte qu'on peut, par évaporation et la concentration de leur

solution commune, obtenir la précipitation de la plupart de ces sels avant celle de la potasse. Il suffit donc de faire dissoudre dans l'eau la potasse mélangée de ces sels neutres, de faire évaporer jusqu'à un certain point, et de laisser refroidir. On enlevera les sels précipités, ou bien on décantera la liqueur pour la faire évaporer à siccité, et en retirer la potasse. Ce moyen ne produit point, à la rigueur, une séparation complette des sels neutres; cependant, lorsque l'opération est bien conduite, il en reste assez peu pour qu'on ne doive pas craindre d'avoir du sel de verre. Cela dépend du dégré de concentration de la liqueur avant de la laisser reposer.

Pour en juger sans tâtonnement, il faut observer que 100 parties de dissolution de potasse la plus concentrée, contiennent 48 à 50 parties d'alkali. Alors le pèse-liqueur des sels (division du citoyen Baumé) marque 48 à 50 dégrés. Si donc on pousse la concentration de la lessive de potasse du commerce jusqu'à 40 dégrés environ, la plupart des sels qui ne sont pas plus solubles dans l'eau chaude que dans l'eau froide seront déjà précipités. Le refroidissement produira le même effet sur ceux qui sont plus solu-

bles dans l'eau chaude que dans l'eau froide. Il ne s'en trouvera dans la liqueur restante, que ce qu'une lessive alkaline aussi concentrée peut en dissoudre, et cette quantité ne produit point un effet sensible dans la vitrification.

Cette méthode n'augmentera même que très-peu la dépense du maître de verrerie, obligé, le plus souvent, de dissoudre la potasse du commerce, pour en séparer la terre et les cendres que les fabricans y ont introduits par fraude ou par négligence.

Enfin, la calcination mettra le complément à la perfection de la potasse, en brûlant le reste des charbons et des matières extractives qu'elle pouvait contenir.

La potasse nous vient des contrées septentrionales de l'Europe et de l'Amérique, où l'abondance des bois y en a permis la fabrication. C'est le fondant de presque toutes nos verreries du Nord, parce qu'elle y est à meilleur marché que la soude qui nous vient du Midi.

De la soude.

76. La soude brute du commerce, est le produit de la combustion de diverses espèces de

kalis cultivés sur les côtes de la Méditerranée, en Espagne, en France, en Sicile, en Syrie. On fait aussi une espèce de soude de qualité inférieure aux précédentes, sur nos côtes de l'Océan, par la combustion des plantes que l'on recueille sur le rivage. Elle est connue sous le nom de Vareck. Les soudes les plus estimées sont celles qui se fabriquent en Espagne, dans les environs d'Alicante. Le sel qu'on en extrait est presqu'en totalité de la soude pure, semblable à la base du sel marin. Enfin, le commerce s'est enrichi d'une nouvelle fabrication artificielle de soude, par divers procédés récemment publiés pour la décomposition du sel marin. (Note V.)

Ces diverses espèces de soude sont en masses dures et très-compactes. C'est un mélange de sels solubles dans l'eau, de terre, de charbon, quelquefois d'un peu d'oxides métalliques, non-solubles. Ces substances se sont pénétrées dans la fabrication de la soude brute, par la fusion des sels.

Pour extraire les sels de la soude brute, il suffit de la lessiver dans une suffisante quantité d'eau qui se charge de sel; on fait ensuite évaporer l'eau, et l'on obtient les sels au fonds des vases d'évaporation; on les dessèche ensuite en

les exposant au feu de réverbère dans un four de calcination.

Ces différentes opérations doivent être exécutées de manière à extraire la plus grande quantité possible de sel dans le tems le plus court, et avec le plus d'économie.

On commence par briser à la main, avec des marteaux de fer, les masses de soudes pour les réduire en morceaux, qui n'excèdent pas 7 à 8 centimètres de grosseur. Ces morceaux sont mis dans un tordoir pour y être pulvérisés.

La soude brute, réduite en poussière, est passée dans des tamis à toiles de crin, de fil de fer ou de laiton, et d'un tissu égal à ceux de crin dont les boulangers se servent. Les grugeons qui restent sur la toile, sont repassés au tordoir, pour y être broyés de nouveau, en les mélant avec de la soude en morceaux.

Ce mélange facilite le broiement des grugeons, dont la figure déjà arrondie, les ferait échapper à l'action des piles ou de la meule des tordoirs, si on les y repassait seuls.

Lessivage de la soude brute.

77. Cette opération s'exécute en tenant conti-

nuellement les molécules de la soude en contact avec l'eau, afin que celle-ci se charge plus facilement des sels qu'elle est destinée à dissoudre. La méthode que nous avons décrite pour les cendres ordinaires, et qui consiste à passer plusieurs eaux dessus, dans des cuviers, sans remuer les cendres, serait insuffisante pour la soude ; mais celle que nous allons décrire, est aussi applicable aux cendres.

L'eau pénètre facilement dans une masse de cendres légères, spongieuses, peu chargées de sel ; elle enveloppe chaque molécule, et se charge du sel qui y est contenu : mais les molécules de la soude brute, plus pesante que les cendres, à raison de la grande quantité de sel dont elle est chargée, s'affaissent et forment promptement, au fonds des vases, une masse compacte, dans l'intérieur de laquelle l'eau ne pénètre qu'avec beaucoup de lenteur.

Pour éviter cet inconvénient, on agite continuellement la soude brute, afin d'en tenir les molécules suspendues dans l'eau, et en contact de toutes parts avec elle.

Imaginons deux équipages de bassins en plomb (fig. 7) : chaque bassin ayant cinq mètres de longueur, 1,^{m} 3 de largeur et 0,^{m} 4 de profon-

deur ; le premier équipage composé des bassins 1, 2, 3, 4 ; le second composé des bassins 5, 6, 7, 8 : ces deux équipages suffisent au lessivage de 1600 kilogrammes de soude par jour, et la soude est étendue dans 4 fois son poids d'eau.

La soude dans l'équipage 1, 2, 3, 4, est d'abord lessivée dans le bassin 1 ; la même soude est ensuite lessivée successivement dans les bassins 2, 3 et 4.

L'eau qui sert à lessiver cette soude, est d'abord mise dans le bassin 4 ; elle passe ensuite successivement sur la soude dans les bassins 3, 2 et 1, et de ce dernier dans un vaste dépôt ou réservoir.

Par ce moyen, la lessive descend successivement dans les bassins par des ouvertures ou champelures pratiquées à environ $0,^{m}1$ de hauteur au-dessus du fonds de chaque bassin, ou avec des sifons, et l'on fait remonter la soude en la transvasant avec des pelles de bois ou *écloppes*.

La même chose a lieu pour l'équipage 5, 6, 7, 8 ; mais dans l'ensemble de l'opération, le travail se fait alternativement, en passant d'un équipage à l'autre, de la manière suivante :

Je suppose, par exemple, un assemblage de

400 kilogrammes de soude neuve dans le bassin 1, où l'on aura fait couler la lessive du bassin 2; on agitera continuellement cette soude dans la lessive, pendant une heure et demie, ce que l'on appelle *touiller* la soude.

On fera ensuite la même opération et pendant une demi heure dans le bassin 6, avec la soude provenant du bassin 5 et la lessive du bassin 7; on passera ensuite au bassin 3, où l'on *touillera* la soude du bassin 2 avec la lessive provenant du bassin 4. Viendra ensuite le *touillage* dans le bassin 8 avec la soude du bassin 7 et 1600 kilogrammes d'eau neuve provenant d'un réservoir.

Du bassin 8 on passe au bassin 5 avec 400 kilogrammes de soude neuve et la lessive du bassin 6. Vient ensuite le touillage dans le bassin 2 avec la soude du bassin 1 et la lessive du bassin 3; enfin, le *touillage* dans le bassin 4 avec la soude du bassin 3 et 1,600 kilogrammes d'eau neuve.

On recommence ensuite par le bassin 1 avec 400 kilogrammes de soude neuve, et ainsi successivement comme ci-dessus.

Le tableau suivant présente la suite de ces opérations.

Touillé.

Dans le n°. 1 . . de midi à 1 h. et demi du soir.

6 . . . . 1 et demi à 3

3 . . . . 3 . . . . . à 4 et demi.

8 . . . . 4 et demi à 6.

5 . . . . 6 . . . . . à 7 et demi.

2 . . . . 7 et demi à 9.

7 . . . . 9 . . . . . à 10 et demi.

4 . . . . 10 et demi à minuit.

1 . . . . minuit à 1 et demi du min.

6 . . . . etc., etc.

Une heure ou une heure et demie avant le trouillage et avant de mettre la soude, on échauffe les eaux des bassins 1, 5, 4, 8 ; on le fait 1°., afin que celles des bassins 1 et 5, qui doivent passer sur de la soude neuve, soient aussi fortes qu'il est possible, avant de les faire couler dans les reservoirs ;

2°. Afin que les eaux neuves des bassins 4 et 8 ne laissent que le moins possible de sel dans le dernier marc de soude, avant de le jeter dans des fosses hors de l'atelier. On cesse le feu, avant de jeter la soude dans la lessive ou l'eau neuve.

A son entrée dans le réservoir, la lessive est

reçue dans un pannier d'osier garni de toile, afin d'arrêter le marc de soude qui peut se trouver suspendu dans la lessive.

Les réservoirs sont des carrés longs, traversés de distance en distance par des diaphragmes, avec une échancrure de $0,^{m}1$ quarré à la partie supérieure pour le passage de la lessive d'une case à la suivante. Par ce moyen, la lessive passe doucement dans les différentes cases des réservoirs, et les corps non solubles ont le tems de se déposer, avant d'arriver aux chaudières d'évaporation.

Il est avantageux d'avoir des réservoirs aussi étendus que l'atelier peut le permettre, et qui présentent une grande surface au contact de l'air : la lessive y devient un peu plus concentrée, et ce qui est plus important, l'alkali qui aurait échappé à sa neutralisation par l'acide carbonique, soit dans le magasin des soudes pilées, soit dans les bassins de touillage, en attire une nouvelle quantité qui fait précipiter le charbon et les oxides métalliques qu'il pourrait tenir en dissolution par sa causticité. C'est ainsi que la lessive peut arriver limpide aux chaudières d'évaporation.

Elle passe d'abord dans des chaudières qui sont à la suite de celles où se fait la réduction. On les nomme *préparantes*. Ces chaudières étant éloignées du foyer des *réduisantes*, la lessive y acquiert un nouveau dégré de concentration, mais n'y est jamais bouillante.

Des préparantes on la fait passer dans les réduisantes où on l'entretient en ébullition. A mesure que le sel tombe au fonds, ou l'enlève avec des écumoires de fer; on le laisse égoutter: dans cet état, il est propre à être calciné.

Si la lessive n'était pas limpide en arrivant aux réduisantes, il se ferait peu-à-peu un précipité qui s'attache fortement au fond des chaudières, empêche le contact de l'eau et ne tarde pas à les faire fondre.

Tous les bassins, les réservoirs et les chaudières doivent être en plomb et non pas en fer Ce dernier métal s'oxide trop promptement et colore le verre.

78. La température de la lessive des bassins 1 et 5, quand on éteint le feu pour mettre la soude, est de 35 à 40 dégrés. (Division de Réaumur.)

Celle des bassins, 4 et 8, de 50 à 60 dégrés.

Celle des préparantes, de 45 à 50 dégrés,

Enfin, celle des réduisantes, bouillante et chargée de toute la soude qu'elle peut tenir en dissolution, de 97 dégrés.

79. Lorsqu'on emploie des soudes d'Alicante de première qualité, la force des différentes lessives, mesurée à l'aréomètre des sels du citoyen Baumé est la suivante :

Lessive des bassins	4 et 8	1 à 2 dégr.
	3 et 7	8 à 9
	2 et 6	12 à 14
	1 et 5	17 à 18
Des réservoirs. . . .		17 à 20
Des préparantes. .		20 à 25
Des réduisantes. . .		40

Toutes ces quantités peuvent varier suivant le plus ou moins d'exactitude dans le cours des opérations ; mais lorsque les différens touillages ont été faits avec exactitude, la lessive des bassins 4 et 8 marque à peine un demi-dégré.

Toute espèce de combustible, houille, tourbe, bois de corde, fagots, copeaux, peut servir à

échauffer les bassins et les chaudières. Il n'y a d'exception que pour la calcination du sel, qui exige un feu clair et sans fumée. On y emploie du bois de corde.

Calcination de l'alkali fixe.

80. La calcination est une préparation importante des matières vitrifiables. Ses principaux effets sont la séparation des substances volatiles qui ne doivent pas devenir parties constituantes du verre, et la combustion des substances charbonneuses, qui, sans cette précaution, colorent toujours le verre : cette opération est sur-tout nécessaire pour l'alkali.

Nous avons fait remarquer précédemment l'avantage qu'il y avait à neutraliser l'alkali, par l'acide carbonique, pour le débarrasser des substances qu'il tient en dissolution, et avec lesquelles il est combiné. Lorsqu'on est parvenu à opérer ce dégagement, il convient de le disposer de nouveau à subir les combinaisons que l'on désire ; c'est-à-dire, de le ramener à son état de pureté et privé d'acide carbonique, condition essentielle pour sa combinaison avec la silice et la chaux. La calcination est le premier moyen à employer pour y parvenir.

Au sortir des chaudières, l'alkali quoiqu'égouté, retient toujours beaucoup d'humidité, indépendamment de l'eau de cristallisation. On commence par l'étendre dans un four à réverbère, à une chaleur modérée pour éviter la fusion acqueuse. Là, il se dessèche peu-à-peu. A mesure que l'humidité disparaît, on augmente le feu jusqu'à faire rougir le sel, sans le mettre en fusion; on le remue souvent afin d'en faire parvenir toutes les parties au contact de l'air, et par-là on achève de brûler les parties combustibles qu'il aurait pu conserver. On parvient ainsi à l'obtenir sec et blanc. Dans cette opération, il n'y en a qu'une légère portion qui perde son acide carbonique, et alors on peut le conserver dans un lieu sec pour s'en servir au besoin.

La soude, d'Alicante brute, de première qualité, fournit ordinairement 45 et même 50 pour cent de sel calciné. Lorsqu'on a pris les précautions de faire aérer complettement la soude pilée et les lessives, l'alkali est blanc. Le verre qu'il produit est également blanc, comme si l'on eût employé cet alkali, obtenu des cristaux de soude ou de la potasse extraite du tartre; mais si l'on néglige cette précaution, le verre est

toujours un peu coloré, le plus souvent en jaune. Cet effet est assez généralement produit par l'oxide de fer provenant des terres des fosses où l'on a brûlé les plantes, et des outils avec lesquels les cendres en fusion ont été brassées. Le manganèse que l'on ajoute pour purifier le verre peut bien le blanchir lorsque la couleur jaune est l'effet de matières charbonneuses, mais non pas lorsque cette couleur provient d'un oxide métallique. Dans ce dernier cas, le seul remède connu est d'ajouter de l'oxide de cobalt ou du verre déjà coloré en bleu par cet oxide. Ces deux couleurs réunies en produisent une mixte d'un verd léger.

Le défaut de précautions prises pour obtenir une soude dégagée de tout oxide métallique est cause que la plupart des artistes préfèrent la potasse pour la fabrication de la gobeletterie, des verres blancs en général et des cristaux. Ce que nous avons exposé jusqu'ici suffit pour éviter les inconvéniens qu'on a reprochés à la soude ; il est d'autant plus important d'y faire attention que la potasse devient de plus en plus rare, et qu'on peut la ramplacer, avec avantage, par la soude, dans l'art de la verrerie.

Comparaison entre la potasse et la soude.

81. On a long-tems cru qu'on ne pouvait pas faire cristalliser la potasse. On sait aujourd'hui qu'une dissolution de potasse que l'on charge d'acide carbonique, ou bien que de l'eau saturée d'acide carbonique, dans laquelle on fait dissoudre la potasse, fournit de très-beaux cristaux par une évaporation spontanée à l'air : ces cristaux ne sont ni déliquescens ni effleurescens ; ils conservent leur transparence.

Suivant Bergmann, 100 parties de ces cristaux en contiennent 48 de potasse, 20 d'acide carbonique, et 32 d'eau. Ainsi, 100 parties de carbonate de potasse, privée d'eau de cristallisation, en contiennent 70 de potasse pure, et 30 d'acide carbonique.

Une chaleur assez modérée peut priver le carbonate de potasse de son eau de cristallisation ; mais le feu de la calcination la plus longue et la plus opiniâtre peut à peine la priver de tout l'acide carbonique ; en sorte que la potasse calcinée fait presque toujours effervescence avec les acides. Communément 100 parties de potasse calcinée en contiennent 75 à 80 de potasse pure ;

le surplus est de l'acide carbonique qui n'a pu être dissipé ; et un peu de silice combinée avec la partie caustique de l'alkali.

Dans le tems des fontes pour la vitrification, la potasse fait aussi effervescence, tant par la perte de son acide, que par sa combinaison avec la silice. Le verre qui en résulte, lorsqu'il est bien fait, est parfaitement sans couleur, net et solide. Il a tout l'éclat du cristal de roche, sans en avoir la dureté. L'humidité s'y attache plus facilement qu'au verre fait avec la soude.

82. L'alkali fixe, extrait des cendres de soude, retient communément assez d'acide carbonique pour qu'on puisse le faire cristaliser, sans qu'il soit besoin d'employer les moyens que nous avons indiqués pour la potasse. Ses cristaux ne sont pas déliquescens. Exposés à l'air, ils s'y effleurissent même et perdent presque toute leur eau de cristallisation.

100 parties de ces cristaux en contiennent, suivant Bergmann, 20 de soude pure, 16 d'acide carbonique et 64 d'eau, en sorte que 100 parties de carbonate de soude, privée d'eau de cristallisation, en contiennent 55 de soude pure et 45 d'acide carbonique.

Assez communément 100 parties de sel de soude calciné, en contiennent 80 à 90 de soude pure. Le surplus est de l'acide carbonique et un peu de silice. On voit par là que la soude calcinée contient moins d'acide carbonique que la potasse.

Au reste, la quantité d'alkali pur, contenue dans 100 parties de potasse ou de soude calcinées, varie suivant le dégré de calcination. Les doses de sel calciné à employer dans les compositions de matières vitrifiables, doivent donc varier de même.

Voilà pourquoi, en partie, les compositions ou mélanges de matières vitrifiables, sont si différens dans les diverses manufactures, à raison du plus ou moins d'acide carbonique, contenu dans l'alkali qui ne s'emploie souvent que plusieurs mois après avoir été calciné. On ne remarque pas de différence sensible entre la force de la potasse et celle de la soude pour dissoudre la silice dans la vitrification; mais le verre fait avec la soude, attire moins l'humidité que celui où il entre de la potasse.

83. Avant de donner les doses de quelques mélanges propres à la fabrication des verres de diverses qualités, il est bon de rappeler le prin-

cipe qui doit diriger dans cette détermination.

Ce n'est qu'à raison de la quantité de potasse ou de soude pure, contenues dans le sel que l'on emploie, que ce sel dissout le sable pour produire le verre. Ainsi les doses doivent varier, suivant que l'alkali retient plus ou moins d'humidité et d'acide carbonique.

Dans les mélanges pour les travaux en grand, à une température de dix à douze mille dégrés au lieu d'employer 50 parties d'alkali sur 100 de sable ; comme dans les essais en petit, on n'emploie communément que 45 à 48 parties du même alkali ; et si l'on fait attention que cet alkali calciné retient encore souvent 10 à 11 pour 100 d'acide carbonique, on verra que, dans les travaux en grand, il suffit de faire un mélange de 40 parties d'alkali pur avec 100 de quartz pour parvenir à une bonne vitrification.

Nous avons donné (article 74) le moyen de s'assurer, par comparaison, de la quantité d'alkali libre, contenue dans la potasse ou la soude que l'on emploie ; mais pour opérer avec toute l'exactitude convenable, il faut connaître la quantité d'acide carbonique que contenait soit l'alkali du tartre, soit l'alkali de la soude qui servent d'étalons ou de termes de comparaison.

Pour cela, il suffit de faire dissoudre 100 parties de l'alkali étalon dans un poids exactement connu soit d'acide muriatique ou nitrique ou sulfurique. La différence entre le poids de la dissolution et la somme des poids primitivement employés, indiquera la quantité d'acide carbonique, dégagée, et par conséquent combien 100 parties de l'alkali étalon en contenaient.

Appliquant ensuite la méthode de comparaison de l'art. 74, on saura la quantité d'alkali pur, contenu dans le sel dont on veut faire usage.

84. La même méthode est applicable à la détermination de la quantité d'alkali contenue dans 100 parties de cendres ordinaires ou de soude brute.

Je suppose que l'on mette en digestion, dans un matras, 100 parties, soit de soude brute réduite en poudre impalpable, soit de cendres, avec sept ou huit fois leur poids d'eau. Qu'on tienne le tout en digestion pendant quatre ou cinq heures, et qu'on finisse par faire bouillir le mélange, en l'agitant souvent. Connaissant le poids primitif du matras, celui de la cendre, enfin, le poids total du matras et du mélange après la digestion, on connaîtra la quantité d'eau

contenue dans le matras. Une portion de cette lessive d'un poids déterminé et filtrée, éprouvée par la méthode 74, fera connaître la quantité d'alkali qu'elle contient, et, à proportion, combien il s'en trouve dans la totalité de l'eau du matras, ou dans les 100 parties de soudes ou de cendres.

Cette méthode peut être d'une application fréquente, non-seulement pour les compositions de matières vitrifiables, mais encore pour ne pas se tromper sur la qualité et le prix des cendres et des soudes du commerce que l'on se propose d'acheter.

Ces principes suffisent pour déterminer, dans chaque cas, les doses de matières vitrifiables à employer. Ils font voir combien il peut y avoir de variations dans ces compositions ou mélanges, à raison de la différente qualité des matières premières. Nous allons cependant donner plusieurs exemples d'après les travaux de quelques fabriques.

Compositions de matières vitrifiables.

85. Les matières premières, essentielles à la fabrication des verres blancs ordinaires ou légers, sont le sable le plus blanc, de la nature du quartz, la chaux et l'alkali fixe. Les autres subs-

tances ne s'emploient que pour purifier le verre ou pour le décolorer. Ces dernières sont inutiles lorsque les trois premières sont bien préparées.

Quant aux autres verres, on y fait entrer la terre même des cendres au lieu de chaux, du sable commun, quelquefois de l'argile, comme pour certains verres à bouteilles.

A toutes ces compositions, on ajoute à volonté une quantité plus ou moins grande de débris de verre, de même espèce que ceux auxquels la composition est destinée.

Verre blanc fait avec la soude.

86. Sable blanc . . . . . 100 parties.

Carbonate de chaux éteinte à l'air 12

Sel de soude calciné contenant 11 pour cent d'acide carbonique . . . . . 45 à 48

Calcin ou rognures de verre de même qualité 100

S'il reste dans les matières des parties charbonneuses qui don-

nent au verre une teinte pâle tirant au jaune, on ajoute oxide de manganèse . . ; . . 0,25.

La composition précédente est celle de la manufacture des glaces de Saint-Gobain. Les doses seraient les mêmes, si, au lieu de soude, on employait de la potasse qui ne contînt que la même quantité, environ, d'acide carbonique.

Verre blanc fait avec la potasse.

87. Sable blanc . . . . . 100 parties.

Potasse, suivant qu'elle est plus ou moins aérée, ... 50 à 65

Chaux éteinte à l'air et en poudre . . . . . 6 à 12

Rognures de verre de même qualité . . . . . 10 à 100

Si le verre avait un œil pâle, par le défaut de calcination des matières, on ajoute oxide de manganèse . . . . . 0,2 à 0,4

Cette composition est assez d'usage pour la gobeletterie blanche, dans beaucoup de verreries.

Verres à pivettes, communs.

88. Sable	100 parties.
Potasse plus ou moins aérée .	30 à 35
Cendres contenant 9 à dix pour cent d'alkali	110 à 120
Oxide de manganèse . .	0,3 à 0,5

Cette composition peut être employée pour des verres à bierre communs, des phioles à médecine, etc.

Glaces communes propres à faire des plateaux d'électricité, des portières de voitures, de la gobeletterie demi-blanche, etc.

89. Sable	100 parties.
Soude brute d'Alicante, de première qualité, réduite en poudre, ...	100
Rognures ou calcin . . .	100
Oxide de Manganèse . .	0,5 à 1.

Le sable et la soude étant bien mélangés, doivent ensuite être calcinés.

On en fait un approvisionnement suffisant que l'on met en magasin, et lorsqu'on en veut faire usage, on ajoute le manganèse et l'on calcine une deuxième fois; enfin, on ajoute les rognures à volonté.

Verre en tables, façon de Bohême, propre aux grands carreaux de croisées, à couvrir des estampes, aux portières de voiture, etc.

90. Sable blanc	100 parties.
Belle potasse plus ou moins aérée	50 à 66
Carbonate ou chaux effleurie à l'air	8
Rognures ou calcin	10 à 100
Oxide d'arsenic	0,3 à 0,6

Si l'on calcinait le mélange, on ne le ferait que sur celui des trois premières matières. On ajouterait ensuite l'arsenic et les rognures ; mais le plus souvent on ne calcine point le mélange.

Verre à vitres, commun, fabriqué en manchons, propre pour des carreaux de moyenne grandeur.

91. Sable	100 parties.
Potasse plus ou moins aérée. .	20 à 25
Schlot provenant des salines où se fabrique le muriate de soude et contenant beaucoup de sulfate de soude	8
Charbon de hêtre réduit en poudre	2
Cendres neuves	180
Crasses de verre dit *picadit*, provenant du verre qui tombe ou de celui qui se forme dans le fonds du four, ou bien d'autres verres de rebut de diverses fabrications, mais pilé et calciné	120 à 150

Cette composition peut varier considérablement. Ce genre de fabrication est sur-tout

avantageux dans une manufacture où l'on fait plusieurs espèces de verres. Tous les verres et matières de rebut sont convertis en verres à vitres.

Verre à vitres commun, fabriqué soit en manchons, soit en bondine avec la soude de Vareck des Côtes maritimes, de l'Ouest, telle que celle de Fécamp.

92. Sable, ... 100 parties.
Soude brute de Vareck. . . 230
Cendres neuves. 50
Manganèse. 1,15
Rognures de verre, de même qualité 100

Verre à bouteilles, fabriqué avec de la soude de Vareck.

93. Sable . . . . . 100 parties.
Soude brute de Vareck . . . 200
Cendres neuves. 50
Cassons de bouteilles, à volonté et communément 100

Les deux compositions précédentes donnent du sel ou fiel de verre que l'on a soin d'enlever avant le travail.

Verre à bouteilles dans la composition duquel il entre des charrées ou terres provenant du lessivage soit de la soude, soit des cendres ordinaires, de l'argile commune ou terre propre à fabriquer des briques.

94. Sable commun, blanc ou jaune . . . . . 100 parties.
Soude de Vareck . . . . . 30 à 40
Charrées . . . . . 160 à 170
Cendres neuves . . . . . 30 à 40
Argile jaune ou terres à brique . 80 à 100
Cassons de bouteille, à volonté et communément 100

Cette composition ne donne point de sel de verre.

95. Nous aurions pu étendre ce tableau de compositions, et y en ajouter dans lesquelles on peut faire entrer des produits volcaniques, tels

que des laves, du basalte, substances très-fusibles par elles-mêmes, et qui ont déjà été converties en verre par l'action du feu des volcans. Un artiste intelligent saura toujours en tirer parti par un mélange convenable avec d'autres matières premières.

De la fritte.

96. L'opération de la fritte n'est pas seulement une seconde calcination pour dissiper l'humidité du sable lavé et brûler les substances combustibles qui auraient pu échapper, s'il a eu besoin de calcination, enlever l'humidité et une partie de l'acide carbonique, que l'alkali fixe et la chaux ont attirés de l'athmosphère dans le magasin depuis leur calcination; cette opération a encore pour but de faire subir à ces matières un commencement de combinaison qui doit s'achever par la vitrification.

Lorsqu'on fait un mélange d'alkali concret et de sable, et qu'on lui fait subir immédiatement le feu nécessaire à la vitrification, l'alkali entre promptement en fusion. Le sable, plus pesant que cet alkali fluide, tombe au fonds du creuset, l'alkali surnage, il s'évapore, en partie, avant que la dissolution de tout le sable soit

opérée. Alors il peut rester dans le verre du sable non-vitrifié, quoiqu'on ait employé une dose d'alkali suffisante ou même surabondante. Cet inconvénient n'est que trop ordinaire dans les verreries où l'on ne fait pas usage de la fritte; mais on l'évite en faisant contracter un commencement d'union au sable, à la chaux et à l'alkali. On les empêche, par ce moyen, de se séparer par le feu de la vitrification avant qu'elle soit achevée.

Plusieurs oxides métalliques fixes, ou qui ne se subliment point par l'action du feu, et que l'on fait entrer dans la composition du verre, soit pour lui donner plus de pesanteur et de réfringence, comme les oxides de plomb et de bismut, soit pour le purifier et anéantir la couleur jaune des matières charbonneuses, comme l'oxide de Manganèse, soit pour y porter des couleurs comme les oxides de Manganèse et de Cobalt, s'ajoutent aux compositions avant l'opération de la fritte. Autrement ces oxides, très-fusibles par eux-mêmes au feu de verrerie, donnent promptement un verre liquide qui, par son excès de pesanteur sur les autres matières, tombe au fonds des creusets avant d'avoir pu

se combiner avec la silice et l'alkali. On ne remédie à cet inconvénient qu'en brassant souvent le verre des creusets, au risque d'y porter une nouvelle couleur avec la rouille des outils de fer ou de cuivre dont on se sert pour cette manœuvre. Les autres oxides métalliques ne s'ajoutent ordinairement qu'après l'opération de la fritte et au moment d'enfourner les matières ; telles sont les oxides d'or et d'argent employés à colorer le verre, mais dont on craindrait la réduction dans l'opération de la fritte par la négligence ou l'inaction à entretenir une flamme pure ; les oxides de cuivre et de fer dont la nuance de couleur, portée dans le verre, dépend de leur dégré d'oxidation, les oxides d'antimoine, de zinc et d'arsenic, à raison de leur plus ou moins de volatilité.

Les matières vitrifiables, nouvellement frittées, détruisent et corrodent moins les creusets que celles qui ne l'ont pas été ; 1°. parce qu'elles sont exemptes d'humidité ; 2°. parce que l'alkali n'y est plus dans un état de liberté.

Le feu de la fritte doit être ménagé par dégrés, d'abord pour dissiper l'humidité, ensuite pour dégager une partie de l'acide carbonique, enfin,

pour opérer de l'union entre les matières vitrifiables par un commencement de fusion de l'alkali. Dans tous les cas, la flamme doit être exempte de fuliginosités, et la manœuvre est la même que pour la calcination, en remuant et retournant successivement les matières, si la fabrication est en verres blancs ou demi-blancs, en cristaux ou en verres fins colorés. La pureté de la flamme est inutile pour les verres à bouteilles dont nous avons donné la composition.

L'opération de la fritte s'exécute dans un ou plusieurs fourneaux adjacens au four de fusion qui communiquent avec lui, et connus sous le nom d'*arches*, ou bien dans des fours particuliers. Les arches sont préférables, 1°. dans les verreries alimentées en bois, où la flamme a le dégré de pureté nécessaire en parvenant à l'arche; 2°. dans les verreries à bouteilles, alimentées soit avec du bois, soit avec de la houille. Dans ces deux cas, elles procurent une économie de combustible, et les matières vitrifiables peuvent passer immédiatement dans le four, toutes blanches de chaleur, ce qui fait que la vitrification est plus prompte et les creusets moins sujets à être détruits que si l'on y mettait des matières froides.

Les fours à frittes particuliers sont au contraire avantageux dans les verreries à cristaux dont les fours de fusion sont alimentés en houille, et où la vitrification se fait dans des pots couverts, afin d'éviter la fumée qu'occasionne la houille.

CINQUIEME PARTIE.

Des substances propres à purifier le verre.

97. QUELQUES précautions que l'on prenne pour la préparation et la conservation des matières premières, qui entrent dans la composition du verre blanc, il peut cependant arriver qu'elles ne soient pas amenées au plus grand dégré de pureté, et qu'elles portent des principes colorans dans le verre. Cet inconvénient arrive, le plus souvent, par le défaut de calcination, en laissant, dans les matières, des substances charbonneuses qui colorent le verre en jaune. Pour éviter de recommencer la dissolution de l'alkali dans l'eau, sa calcination, ainsi que celles du sable et de la chaux, et leurs préparations subséquentes, si l'on s'apperçoit que le verre ait une teinte pâle ou même légèrement jaune, on a recours à quelques substances propres à opérer cette combustion dans la masse du verre, qui y portent de l'oxigène, et dont le résultat soit un verre blanc. On se sert ordinairement pour y parvenir du nitre, du manganèse, et de l'arsenic.

Du nitre.

98. Le nitre sert à-la-fois comme fondant par sa bose alkaline et comme propre à blanchir le verre par son acide. 100 parties de nitre en contiennent 63 d'alkali pur, suivant Kirvan. L'emploi que l'on en fait ajoute donc dans cette proportion, de nouvel alkali à celui de la composition, et permet de diminuer la dose de ce dernier.

Le nitre se décompose par l'action du charbon ; son alkali devient libre ; son acide se décompose également par la combinaison de l'oxigène avec le carbone, se convertit ainsi en acide carbonique et en azote, qui disparoissent par l'action du feu.

On voit par-là que dans tous les cas semblables, le nitre n'est employé que pour suppléer au défaut de calcination du sable, de la chaux, et principalement de l'alkali. Aussi ne s'en sert-on que rarement dans les compositions de verres blancs légers, dont la modicite du prix ne répondrait pas à la dépense d'une substance aussi chère.

Son usage est réservé pour la fabrication des

verres d'un plus haut prix, tels que les cristaux, les verres de couleur, quelquefois les verres en tables.

99. L'oxidation des métaux est une condition essentielle pour se combiner avec la silice et l'alkali, et se convertir en verre. L'oxide de plomb est sur-tout employé dans la composition du cristal, tant à cause de la modicité de son prix, que parce qu'on peut l'y faire entrer en grande dose, sans diminuer la blancheur du verre. Le nitre est d'un usage très-utile dans ces sortes de mélanges, non-seulement pour empêcher la réduction de l'oxide, mais encore pour achever d'oxider les parties qui ne le seraient pas suffisamment.

Si l'on a pour objet de colorer le verre par quelqu'oxide métallique, indépendamment de l'effet précédent occasionné par le nitre, il produit encore celui de rehausser la vivacité des couleurs qui dépendent souvent du dégré d'oxidation, comme on le remarque dans les diverses nuances produites avec les oxides de fer, de cuivre, de manganèse, d'argent et d'or.

100. Son emploi est encore utile avec l'oxide d'arsenic, lorsqu'on a pour objet de le fixer et

de le faire rester dans la combinaison du verre. Son effet est de sur-oxider l'arsenic, de le faire passer à l'état d'acide concret et fixe. Dans cet état, si l'arsenic est employé en dose convenable, la blancheur du verre n'est point altérée; mais si la dose était trop forte, la dissolution ne serait plus complette par les autres matières vitrifiables, la transparence serait troublée, le verre pourrait devenir laiteux et passer jusqu'à l'opacité.

De l'oxide de manganèse.

101. L'oxide de manganèse est reconnu depuis long-tems pour avoir la propriété de blanchir le verre. On en fait usage dans presque toutes les verreries en verre blanc, où il est regardé comme le savon du verre. Cependant, il ne produit la destruction des couleurs que dans certains cas particuliers; dans d'autres, il en porte lui-même une violette très-vive. Les travaux des chimistes modernes et notamment de Schèele et de Bergmann, nous mettent aujourd'hui en état d'en aprécier les effets, suivant ses diverses applications.

L'oxide de manganèse pur donne un verre d'un violet foncé, dont l'intensité est si forte

qu'il peut paraître entièrement noir s'il est un peu épais ; mais si l'on ajoute du charbon, l'oxide abandonne une partie de son oxigène, et se convertit en verre plus ou moins blanc, suivant la quantité d'oxigène qu'il a perdue. De-là vient l'utilité du manganèse, pour détruire, par la combustion, les parties charbonneuses qui peuvent rester dans le verre. On voit qu'employé en doses convenables, il peut être substitué au nitre pour fournir l'oxigène nécessaire à la combustion de ces substances, enveloppées dans les matières vitrifiables, ou même dans le verre en fusion.

Il en est de même lorsqu'on ajoute de l'oxide d'arsenic à celui de manganèse. L'arsenic se suroxide aux dépens du manganèse ; alors ces deux oxides, respectivement dissous par les autres matières vitrifiables silicieuse et alkaline, n'altèrent que peu ou point la blancheur du verre.

La même chose arrive si l'on employe avec le manganèse une dose convenable d'oxide d'étain, ou de sulfate calcaire, ou de souffre, ou même d'autres oxides métalliques; cependant tous les métaux dont les oxides colorent le verre, tel que ceux de fer, de cuivre, de cobalt, lui communiquent leurs couleurs, quoiqu'ils fassent dis-

paraître en tout ou en partie celle du manganèse. C'est encore pour cela que l'oxide du manganèse ne s'emploie point, ou qu'en très-petite dose, dans les compositions des cristaux blancs, dont l'oxide de plomb fait la base.

L'oxide de manganèse est très-fusible au feu de verrerie. Le verre qui en résulte est beaucoup plus pesant que les verres ordinaires, autres que les cristaux. De-là vient la tendance continuelle que ce verre a pour tomber au fonds des pots, et pourquoi dans la même potée de verre dans laquelle il y a excès de manganèse, la couleur violette du verre est d'autant plus vive qu'on approche davantage du fonds. Si la fabrication est en verre blanc, et que l'on apperçoive la couleur du manganèse, le remède ou plutôt le palliatif est d'introduire dans la masse du verre, de l'oxide d'arsenic, du souffre, ou quelqu'autre substance combustible qui absorde l'excédant d'oxigène du manganèse, et rétablisse la blancheur du verre.

Par une raison contraire, si l'on a pour objet de colorer le verre en violet par le moyen de l'oxide de manganèse, il faut éviter avec soin les oxides métalliques et les substances combustibles susceptibles d'attirer l'oxigène du man-

ganèse. Il est avantageux de n'employer que des matières bien calcinées avant le mélange. L'addition du nitre est encore très-utile par la propriété qu'il a de fournir lui-même de l'oxigène au manganèse.

De l'oxide d'arsenic.

102. Nous avons vu précédement comment l'oxide d'arsenic se comporte avec le nitre et le manganèse dans la vitrification. Ce n'est qu'en se sur-oxidant qu'il parvient à obtenir de la fixité et à se combiner avec l'alkali. Dans cet état, il tend toujours à attirer fortement l'humidité. Si le verre est tendre, ou contient déjà excès d'alkali, il ne manque pas de se ternir en se décomposant peu-à-peu. Plusieurs verres à vitres où l'on est assez dans l'usage, en Allemagne, de faire entrer l'oxide d'arsenic, sont sujets à cet inconvénient. S'il peut être préjudiciable quand on l'employe immodérément dans ce genre de fabrication, il pourrait l'être bien davantage s'il entrait comme partie constituante dans les verres qui contiennent des boissons ou des matières grasses, comme de l'huile. Il est prudent de le bannir de ceux destinés à cet usage.

L'oxide d'arsenic mêlé avec des matières charbonneuses, et exposé au feu, se dissipe avec elle en s'enflammant. L'oxide se décompose; l'oxigène se combine avec le carbone, et se dissipe; il en arrive autant à l'arsenic. On a tiré de cette propriété un parti plus utile qu'en fixant l'arsenic dans le verre. Lorsqu'on s'apperçoit, pendant la fonte, que le verre est coloré en jaune par défaut de calcination, et que la matière est trop pâteuse, alors quelques artistes sont dans l'usage de jeter des morceaux d'oxide, d'arsenic dans le verre en fusion, en le brassant. L'arsenic enlève le carbone qui colorait le verre; de cette votilisation brusque, il résulte un mouvement dans toute la masse qui facilite la dépuration du verre et la dissipation des bulles; mais on voit qu'il ne sert que comme remède à une négligence antérieure. Il serait donc possible, et peut-être utile, de bannir entièrement l'usage de l'arsenic dans la verrerie ordinaire.

SIXIEME PARTIE.

De la fusion des matières vitrifiables.

103. TOUTES les opérations du maître de verrerie tendent vers deux fins principales; la première, de donner au verre les qualités qui le rendent le plus propre à l'objet de la fabrication; la seconde, de travailler la plus grande quantité possible de verre dans un tems déterminé, afin de mettre de l'économie dans ses opérations. Le nombre des fontes et l'intervalle à mettre entre chacune, doivent être envisagés sous ces deux rapports.

On est obligé de diminuer la chaleur du four dans le tems du travail du verre, afin qu'il prenne assez de consistance pour être mis en œuvre; mais, comme les matières vitrifiables exigent une température plus élevée pour être mises en fusion, on rechauffe le four avant de les y introduire. Le tems du rechauffage varie dans les différentes manufactures, et il est ordinairement d'une ou deux heures pour des fours d'environ deux mètres de diamètre, afin de rendre aux mas-

sifs le calorique qu'ils avaient perdu pendant le travail.

104. Le calorique mis en liberté dans le four tend à pénétrer tous les corps qui y sont plongés : les matières, récemment enfournées, en absorbent une portion proportionnée à leur quantité, en sorte qu'il se fait un refroidissement dans les autres points de la capacité du four et dans l'argile des creusets : si ce refroidissement était brusque et trop grand, il pourrait occasionner la rupture des pots. On remplit donc les pots à deux, trois ou un plus grand nombre d'intervalles différens. C'est ce qu'on appelle, faire deux trois, etc. fontes.

La deuxième fonte ne doit succéder à la première, que lorsque la vitrification de celle-ci est complette. On se sert de deux moyens pour s'en assurer. Le premier consiste à observer la fin de l'effervescence et la dissipation des fumées provenant des matières, ce qu'on reconnaît à la tranquillité de la fonte ; le second consiste à tirer des larmes ou essais de verre, après la cessation des fumées, et à examiner si les bulles sont dissipées. Dans ce cas, on peut faire la deuxième fonte. Il en est de même des suivantes.

Lorsqu'on enfourne dans un pot neuf, on est obligé de prendre quelques précautions de plus. Si l'on voulait attendre que l'argile eût pris toute la consistance dont elle est susceptible pour enfourner dans les pots, il s'écoulerait souvent plusieurs travaux, avant de pouvoir s'en servir. Pour prévenir cet inconvénient et celui qui résulterait de leur dégradation, en mettant à fondre dedans des matières neuves, chargées d'alkali, on se contente de les laisser séjourner vides dans le four, pendant le tems d'un travail seulement. Au second travail, on met à fondre dedans ou des rognures de verre, ou des matières neuves dans lesquelles il entre une plus grande quantité de ces rognures que dans les compositions ordinaires alkalines. C'est ce qu'on appelle *enverrer* un pot.

105. Le tems employé à la vitrification est distingué par le nom de *tems de la fonte*; celui que l'on emploie à la dissipation des bulles, s'appelle *affinage*. On dit que le verre est *fin*, bien *affiné*, quand il ne contient point de bulles. S'il arrivait que l'on fît la deuxième fonte avant que le verre de la première fût bien affiné, le refroidissement qui en résulterait dans le verre de la première fonte empêcherait la dissipation

des bulles, au moins pendant tout le tems nécessaire pour lui reudre sa première fluidité ; il en résulterait que l'affinage subséquent serait long et pénible.

La durée de chaque fonte dépend de la quantité de matières enfournées à raison de la diminution de température qu'elle occasionne dans le four ; ensorte que cette durée paraîtrait devoir diminuer sensiblement comme la dose des matières enfournées à chaque fois. Cependant, comme on est obligé de tenir les fourneaux ouverts chaque fois que l'on enfourne, ce qui occasionne une perte considérable de colorique, on évite aussi le trop grand nombre de fontes.

Du travail du verre.

106. Aussitôt que le verre est affiné, on diminue la chaleur du four en mettant moins de combustible, ou cessant entièrement de chauffer, suivant que le genre de fabrication appartient au soufflage ou au coulage de verre. Par la diminution de la chaleur, le verre prend de la consistance et peut être travaillé. Pendant tout le tems du travail, la consistance doit être la même ; c'est pour cela que dans le soufflage où le travail peut durer 5, 10, 15, 20 heures et même plus,

il faut entretenir la chaleur du four au même dégré ; mais ce dégré de feu n'a pas besoin de la même intensité que pour les fontes et l'affinage.

107. On connaît dans les verreries deux méthodes de conduire les fontes, l'affinage et le travail du verre. Par la première, chacune de ces opérations se fait à-la-fois dans tous les pots. Par la seconde, on fond et on affine dans une partie des pots tandis qu'on travaille le verre dans les autres. Il est aisé de voir que les verreries où l'on emploie cette dernière méthode n'ont point un feu aussi vif que les premières. Si la fabrication est en verre à fondans, purement alkalins, comme pour des compositions de sable, de chaux et d'alkali, il faut employer plus de fondant pour opérer la vitrification, et il en reste une plus grande quantité dans la composition du verre, qui, par-là, est tendre et sujet à se décomposer.

Cette méthode doit être restreinte à quelques fabriques particulières dont les compositions sont fortement chargées de rognures de verre, de laves, de basalte, etc., ou encore dans quelques verreries à cristaux, dont les compositions contiennent des oxides métalliques. Dans ce dernier

cas, la dépuration du verre est lente et a un dégré de feu seulement suffisant pour ramener successivement les diverses parties du verre à la surface en contact avec l'air, ce qui lui procure plus de blancheur. On profite quelquefois de cet intervalle pour le travail du verre d'une partie des pots, tandis que la dépuration se fait dans les autres.

Le verre, pour être peu fragile par l'alternative du chaud et du froid, doit être homogène dans toutes ses parties. Il en est de même des différentes pièces d'un même vase. On doit donc éviter avec soin de faire ces pièces avec des verres différens; par exemple, une partie avec du verre ordinaire, et d'autres avec des verres métalliques. Ces différentes espèces de verres se soudent mal, et l'ouvrage est fragile.

S'il arrive qu'avec la même composition et dans plusieurs pots du même four, la température n'ait pas été la même pour tous, le verre de chaque pot peut être homogène; mais les proportions de ses parties constitutives peuvent varier d'un pot à l'autre; l'un peut conserver plus ou moins d'alkali qu'un autre. Dès-lors ces verres ne sont point propres à faire

partie du même ouvrage, si l'on veut éviter sa fragilité.

De la recuisson du verre.

108. En passant de l'état pâteux à l'état solide, le verre prend de la retraite. Si elle se fait par dégrés insensibles, la cristallisation et le rapprochement des parties se font par un mouvement gradué qui leur permet de prendre l'arrangement le plus convenable à leur figure; d'où naît une plus grande force d'agrégation entr'elles, et plus de solidité. Mais si ce mouvement est gêné, dans quelques parties, l'arrangement n'est plus régulier, et la force d'agrégation n'est plus la même dans toutes les parties de la masse : l'ouvrage est fragile. Une application rendra ceci plus sensible.

La larme batavique se forme en jetant dans l'eau froide une goutte ou larme de verre fluide. L'expérience réussit d'autant mieux que la différence de température de l'eau et du verre est plus grande. Dans cette opération, les parties de la surface se trouvent subitement fixées dans l'état de dilatation où se trouvait le verre, ardent de chaleur. Les parties de l'intérieur perdent ainsi la liberté de faire leur retraite et restent plus

éloignées les unes des autres que dans le cas d'un refroidissement successif : ainsi la totalité de la masse se trouve avoir plus de volume que si elle eût été recuite. Aussi, l'expérience prouve-t-elle que le verre des larmes bataviques est spécifiquement plus léger que s'il eût été recuit ; et il en est de même de tous les verres mal recuits.

Dans cet état, la larme batavique peut être considérée comme formée de zônes concentriques ; et chaque zône composée de filets de verre, dont les parties sont plus écartées que si le verre eût été recuit. Chaque filet se trouve à-peu-près dans un état semblable à celui d'un fil extensible et uniforme, dont toutes les parties seraient sur le point de se désunir par un poids suspendu à une de ses extrémités. Si le poids venait à augmenter au point d'opérer la rupture, elle se ferait à-la-fois dans toutes les parties. C'est ce qui arrive à la larme batavique quand on en rompt la queue près du corps, où un grand nombre de filets se réunissent. Tous se trouvent subitement réduits en poudre, et la même chose arrive, soit que la larme soit creuse ou pleine.

Les verres un peu épais, par exemple, de 8 à 10 millimètres, qu'on laisse refroidir en plein

air, immédiatement après avoir été mis en œuvre, éprouvent une retraite qui se fait inégalement de la surface au centre. Ces sortes de verres se brisent souvent d'eux-mêmes, en changeant de température; ils sautent en éclats, quand on veut les entamer avec le diamant, ou les user pour les travailler. La recuisson remédie à ces inconvéniens: elle consiste à faire passer le verre lentement et par dégrés insensibles, depuis l'état d'incandescence où il se trouve dans le four de fusion, jusqu'à la température de l'athmosphère. Pour y parvenir, lorsque le verre a été mis en œuvre et a pris assez de consistance pour ne point changer de forme; on le porte, encore rouge de chaleur, dans un fourneau qui a sensiblement la même température que la pièce qui vient d'être fabriquée. Alors on achève le refroidissement de l'une des deux manières suivantes:

On emplit le fourneau de recuisson des ouvrages que l'on fabrique, en entretenant sa chaleur au même dégré, pendant tout le tems du travail, et ensuite, on le laisse refroidir lentement avec les ouvrages qu'il contient, ou bien on fait passer graduellement une ou plusieurs pièces, récemment fabriquées dans toute la longueur

d'un fourneau, dont les dégrés de température vont en diminuant d'un bout à l'autre, jusqu'à ce qu'elle soit parvenue par dégrés insensibles à celle de l'athmosphère.

La lenteur de la recuisson varie suivant la fragilité de chaque espèce de verre et l'épaisseur des ouvrages. Ainsi, un verre composé seulement de sicile et d'alkali, est plus difficile à recuire, et reste plus fragile que s'il entre de la chaux ou un oxide métallique dans sa composition.

Les ouvrages que l'on fait recuire, doivent avoir assez de consistance pour ne pas s'attacher aux corps sur lesquels on les pose; car l'inégalité entre leur retraite et celle du support, pourrait en occasionner la rupture. Le même accident arrive à des pièces faites avec des verres qui ont une retraite différente.

La retraite de la pièce à recuire se fait d'autant plus facilement qu'elle a moins de frottement à vaincre. C'est pour cela que les grandes tables de verre, telles que les glaces que l'on fait recuire, en posant sur une de leurs grandes surfaces, portent immédiatement sur des corps mobiles, tels que des grains de sable.

Des principaux défauts qui se trouvent dans les ouvrages de verre.

109. Les defauts les plus considérables et les plus ordinaires sont les *stries*, les *fils*, les *larmes*, les *cordes*, les *bulles* ou *bouillons* et les *nœuds*.

Les stries viennent de l'hétérogénéité du verre et de ce que ses parties constituantes n'ont pas été dans un état de dissolution réciproque, ou n'y sont pas restées par un abaissement de température. Il est rare de trouver des morceaux de verre un peu considérables qui en soient exempts.

La raison en est facile à appercevoir. Le verre provenant de la dissolution de la silice par l'alkali fixe au dégré de feu le plus ordinaire des verreries, a une pesanteur d'environ 23 à 24 ; celle de l'eau étant exprimée par 10. Le verre fait avec l'alkali et l'argile ordinaire des creusets, pèse environ 25 ; celui de l'alkali et de la craie, 27 à 28. L'oxide du manganèse vitrifié seul pèse 32 à 33; les verres provenant d'autres oxides métalliques, peuvent être encore plus pesans. Le verre fait avec l'oxide de plomb, par exemple, pèse 72 à 73.

Lorsque ces diverses substances se trouvent attaquées à-la-fois les unes par les autres, et par l'alkali fixe, si elles n'ont pas subi préalablement un commencement de combinaison par la fritte, et qu'elles éprouvent un feu vif et soutenu, les plus fusibles se convertissent d'abord en verre; et comme celui qui en résulte, est plus pesant que le verre d'alkali et de silice, il tend à tomber au fonds des creusets au-dessous des matières silico-alkalines. Il en résulte des filets ondés, semblables à ceux qu'on observe, quand on mêle ensemble deux liqueurs de densité différente, telles que l'eau et l'alkohol, avant que ces deux liqueurs soient dans un état de combinaison réciproque et uniforme dans toutes leurs parties. Le pouvoir réfringent de ces diverses espèces de verre sur la lumière, n'étant pas le même pour tous, ce défaut devient très-sensible à la vue.

Il se trouve dans chaque creuset des couches dont la densité croît de la surface au fonds et même dans chaque couche; le mélange du verre provenant de l'argille du creuset, se faisant à la circonférence, le verre le moins hétérogène se trouve toujours au milieu de chaque couche.

Dans l'opération du soufflage, le verre se cueille sensiblement vers le milieu. Dans le

coulage, le creuset est subitement renversé, et toutes les parties du verre se trouvent ainsi mélangées. Voilà pourquoi le verre soufflé est beaucoup plus homogène que le verre coulé.

110. On donne particulièrement le nom de *fils* aux filets qui proviennent de la vitrification de l'argille. Leur couleur est plus verte que celle des stries ; en général, les fils peuvent rendre le verre très-fragile lorsqu'ils sont abondans, ou que quelques-uns sont un peu gros, parce que le verre d'argille éprouve une dilatation par la chaleur, et une contraction par le froid, très-différentes de celles du verre fait avec la silice.

111. Les *larmes* sont le plus grand défaut qui puisse se trouver dans le verre ; ce sont des gouttes provenant de la vitrification de l'argille du four de fusion. Les ouvrages dans lesquels il se trouve des larmes, sont tous fragiles ; la plupart se brisent d'eux-mêmes par l'alternative du chaud et du froid. Ils sont d'autant plus sujets à cet accident, que la larme est plus près de la surface du verre. On met ordinairement au rebut, dans la manufacture même, les verres où il se trouve des larmes.

112. Les cordes sont des aspérités qui se trou-

vent à la surface de certains verres soufflés ; elles viennent de ce que, pendant le travail du verre, la chaleur du four diminue quelquefois assez pour que les filets de verre qui retombent de la canne dans le creuset ne puissent plus prendre un dégré de fluidité égal à celui du verre non cueilli. Quand on s'apperçoit qu'il se forme des cordes pendant le travail, on le cesse et on rechauffe le four jusqu'à ce que les cordes aient entièrement disparu en se fondant.

113. Les petites bulles qui se trouvent abondamment répandues dans certains verres, indiquent un mauvais affinage ; elles viennent du dégagement de gaz qui a lieu pendant la vitrification. L'abondance des bulles annonce que le verre n'a pas eu assez de fluidité pour permettre leur dissipation, ce qui peut provenir ou de ce qu'il n'y a pas été employé assez de fondant, si le feu a été actif, ou bien de ce qu'on n'a pas entretenu un feu assez actif s'il y avait assez de fondant.

Dans le premier cas, le verre peut être employé à contenir des liqueurs, sans crainte qu'il en soit attaqué ; dans le second cas, le verre est tendre, se décompose facilement s'il a été fait avec un fondant alkalin, à raison de la trop

grande quantité de sel qui reste dans sa combinaison.

Il peut encore se former des bulles pendant le travail par quelques substances étrangères qui s'attachent au verre, et dont il se dégage du gaz par la chaleur. Si ces corps sont enveloppés ou recouverts d'une couche de verre fluide, les bulles que l'on remarque entre ces couches forment ce qu'on appelle un *entre-deux*.

114. Les nœuds sont de trois espèces; s'il reste du sable non-dissous pendant la vitrification, l'assemblable de plusieurs de ces grains, enveloppés dans le verre, y forme un nœud; il en est de même du sel de verre qui se trouve dans quelques pièces en flocons blancs. Une troisième espèce vient des morceaux du creuset ou des parois du four qui peuvent s'en détacher par le frottement des outils, et tomber dans le verre; on connaît encore cette dernière espèce sous le nom de *pierres*.

SEPTIEME PARTIE.

De la fabrication du cristal ou verre blanc pesant.

115. Nous avons vu, par ce qui précède, que les matières premières du verre blanc ordinaire et léger, sont le quartz, la chaux et l'alkali fixe. Si à la chaux de cette composition on substitue un oxide de plomb ou de bismuth dans des proportions convenables, on aura un verre blanc d'autant plus pesant, qu'il entre plus d'oxide métallique dans sa composition. Ce verre porte en général le nom de *cristal*; il est remarquable par sa pesanteur, sa netteté, sa transparence, la vivacité de ses couleurs, lorsqu'il est taillé à facettes, parce que la dispersion des rayons de lumière qui le traversent, est beaucoup plus forte que dans le verre ordinaire.

Tous les métaux sont susceptibles de se combiner avec l'alkali et la silice, pour devenir parties constituantes du verre; mais il faut, pour y parvenir, qu'ils aient été préalablement réduits à l'état d'oxides.

Les oxides métalliques portent, en général, des couleurs dans le verre; mais, comme ceux de plomb et de bismuth peuvent y entrer à grandes doses, sans en altérer la blancheur, ils ont dû être préférés dans les compositions du cristal. Le plomb étant d'ailleurs moins cher que le bismuth, y est exclusivement employé dans les travaux en grand.

116. La beauté du cristal dépend beaucoup de la pureté de l'oxide de plomb. L'oxide blanc, le rouge et la litharge, pourraient être employés indistinctement dans les compositions de matières vitrifiables, si l'on était également assuré que la fraude ou la négligence n'y eussent pas introduit des matières étrangères; mais jusqu'ici on n'a eu aucune garantie dans le commerce sur le blanc de plomb et la litharge. Il a donc fallu se restreindre à l'oxide rouge, connu sous le nom de *minium;* et celui-ci n'est pas toujous exempt du reproche fait aux deux autres. Le maître de verrerie ne pourra entièrement compter sur ses résultats, qu'autant qu'il se donnera la peine de préparer lui-même son oxide.

117. Le plomb, en passant à l'état d'oxide, diminue de pesanteur spécifique; cette diminution continue jusqu'à ce qu'il soit parvenu à la vitri-

fication. La pesanteur de l'eau étant exprimée par 10, celle du plomb l'est par 113, et celle du verre de plomb par 75, tandis que celle du verre ordinaire, composée seulement de silice et d'alkali, l'est par 23. On voit par-là pourquoi la pesanteur du cristal croît si rapidement à mesure que la dose d'oxide de plomb augmente.

118. L'oxide de plomb fondu acquiert la propriété de se combiner avec la silice; cinq parties d'oxide rouge peuvent en dissoudre deux de sable blanc de la butte d'Ausmont, près Senlis. Le verre qui en résulte est environ cinq fois aussi pesant que l'eau. Lorsque l'opération se fait dans un creuset d'argille, l'action du verre de plomb s'exerce à-la-fois sur la silice et l'alumine, ce qui donne un verre à trois bases, ordinairement rempli de stries après le refroidissement.

Le verre de plomb n'exige qu'un feu très-modéré, environ le tiers de celui qu'on employe pour la fabrication des verres silico-alkalins; il est très-liquide. Delà vient que si la composition d'oxide et de sable n'a pas été amenée à un commencement de combinaison par la fritte, le verre de plomb gagne promptement le fonds du creuset par son excès de pesanteur, et laisse

surnager une partie du sable. Cet inconvénient est d'autant plus prompt et plus remarquable, que le feu est vif et administré brusquement; il est donc nécessaire de le ménager et de ne pas trop élever la température pour éviter cette séparation. Il faut faire ensorte que toutes les substances de la composition puissent entrer en fusion, à-la-fois, pour se combiner réciproquement, et cela arrive soit qu'on employe avec l'oxide un mélange de verre silico-alkalin très-fondant et déjà vitrifié d'avance, soit qu'on emploie des doses convenables de sable et d'alkali à une température modérée, (4 à 5 mille dégrés, ou la moitié de celle des fours de verrerie ordinaire.)

119. Le verre surchagé de plomb est toujours coloré, quelques précautions que l'on ait prises pour la préparation de l'oxide. L'intensité de sa couleur jaune-citron diminue cependant s'il est long-tems tenu en fusion à un feu clair.

120. La facilité avec laquelle il se réduit en métal par le contact des matières charbonneuses, ou même l'intensité de couleur qu'il reprend, si l'abondance de ces matières n'est pas entièrement suffisante pour opérer sa réduction, exige des précautions particulières à ce genre de fabrica-

tion, pour écarter de la surface du verre toute espèce de fuliginosité.

121. Si le four est alimenté avec du bois sec, le dégré de feu ne devant pas être très-élevé, il n'est pas nécessaire d'y brûler autant de bois que pour les vitrifications ordinaires. Il est toujours facile d'éviter le contact de la flamme sur la surface supérieure des creusets. On peut donc opérer, à pots découvers, comme pour les verres blancs ordinaires. Cette méthode est d'un grand avantage dans la fabrication du cristal On est le maître de présenter une grande surface à un air continuellement renouvelé, d'achever l'oxidation, si elle n'était pas complette, d'accélérer le tems de l'affinage et de la dépuration du verre, en n'employant que peu de combustible.

122. Si le four est alimenté avec de la houille, on opère dans des creusets couverts, pour éviter la fumée que ce combustible occasionne; mais comme l'argile du creuset ne transmet que difficilement le calorique, on est obligé de tenir la température du four très-élevée, quoique celle de l'intérieur du creuset soit basse. Il faut donc alors employer beaucoup de combustible. D'un autre côté, quoique la surface du verre puisse

être aussi grande dans les pots couverts que dans ceux qui ne le sont pas, cependant l'air n'y est pas continuellement renouvelé par un courant, et l'oxidation est plus lente.

On voit par-là combien la différence du combustible peut en apporter dans la fabrication. Toutes les vitrifications faites avec la houille, à pots couverts, seraient plus promptes et plus faciles, si on les exécutoit avec du bois et à pots découverts. Le peu de chaleur qu'exige la fabrication du cristal a pu seul permettre d'employer des pots couverts, et de chauffer avec de la houille. Si le cristal exigeait le même feu que le verre blanc silico-alkalin, l'argile du four et le creuset lui-même seraient fondus avant de donner passage au calorique nécesssaire pour obtenir cette temperature dans l'intérieur du pot. C'est pour cela que les verreries anglaises où l'on n'emploie que de la houille, ont été obligées d'abandonner la fabrication de nos verres blancs légers, et de se restreindre à celle du cristal. Aussi se sont-elles appliquées les premières à ce genre d'industrie. Les nôtres l'ont adopté plus tard; mais depuis long-tems la beauté de nos ouvrages ne le cède en rien aux premières. Nous

avons même l'avantage de pouvoir travailler avec plus de célérité et d'économie.

123. Les fontes et l'affinage des verres silico-alkalins varient depuis 12 jusqu'à 30 heures, suivant la manière de les conduire, le genre de construction des fourneaux et les compositions. Ces opérations sont toujours plus lentes pour la fabrication des cristaux, et durent communément 2 à 3 jours. Cette cause, jointe à la cherté des matières premières du cristal, ne permet pas de le vendre au même prix que le verre blanc ordinaire.

Compositions ou mélanges de matières premières pour la fabrication du cristal dans un four alimenté avec du bois et à pots découverts.

124. Sable blanc . . .	100 parties.
Oxide rouge de plomb .	50 à 60
Potasse calcinée et en partie aérée . . . . ,	30 à 40
Oxide d'arsenic	0,75 à 1.

La pesanteur de l'eau étant représentée par 10, celle de ce cristal se trouve de 28 à 30.

Si l'on décompose ce verre, on en retire 28 à 29 pour cent de plomb réduit.

Compositions de cristal pour un four alimenté avec de la houille et à pots couverts.

125. Sable blanc	100 parties
Oxide rouge de plomb . .	80 à 85
Potasse calcinée et en partie aérée	35 à 40
Nitre de première cuite . .	2 à 3
Oxide de Manganèse . . .	0,06.

A cette composition, on ajoute quelquesfois

Oxide d'arsenic	0,05 à 0,1
Ou bien,	
Sulfure d'antimoine	0,05 à 0,1

La pesanteur de ce verre est de 32, la même que celle du cristal ou flintglass-anglais.

Si l'on décompose ce verre, on en retire 34 à 35 pour cent de plomb réduit.

126. On obtient encore la même pesanteur spécifique et la même quantité de plomb réduit

que dans la composition précédente, si l'on met à fondre le mélange suivant :

Verre silico-alkalin, réduit en poudre et contenant 16 pour cent d'alkali, . . 100 parties.
Oxide rouge de plomb . . . 66

Mais cette composition est d'un affinage plus long et moins parfait que la précédente ; on est obligé d'y ajouter 8 à 10 parties d'alkali fixe. Ainsi, la dépense est plus grande que dans le cas précédent.

127. Les compositions des articles 124 et 125 sont celles que l'on emploie pour les beaux ouvrages de gobeletterie, les lustres, les objectifs de lunettes achromatiques ; mais, si l'on veut imiter les pierres précieuses naturelles, comme le diamant et les autres pierres, soit blanches, soit colorées, qui jettent beaucoup de feu, le cristal qui en fait la base, doit jouir de la propriété de décomposer la lumière avec beaucoup plus de force que les précédens. Or, l'on sait que la dispersion de la lumière augmente à raison de la pesanteur du cristal. On a donc cherché à produire un verre qui égalât ou surpassât même ces pierres naturelles en pesanteur. Celle de l'eau étant toujours exprimée par 10, la pesanteur du diamant blanc

oriental est de 35 ; celle du rubis oriental est de 42. Ce sont les termes auxquels il a fallu s'élever par l'augmentation de l'oxide de plomb, afin d'imiter la pesanteur et d'approcher, autant que possible, de la vertu réfringente de ces belles productions naturelles. On y est parvenu par les compositions suivantes, qui ne sont d'usage qu'en petites masses pour des bijoux, des pandeloques, etc., et non pour les travaux journaliers en grand.

Composition de cristal blanc, imitant le diamant.

128. Sable blanc, lavé dans l'acide muriatique et ensuite dans l'eau	100 parties.
Oxide rouge de plomb . . .	150
Potasse calcinée et en partie aérée	30 à 35.
Borax calciné	10
On peut ajouter,	
Oxide d'arsenic	1

La pesanteur de ce verre est de 35 à 36, comme celle du diamant.

Compositions propres à recevoir des couleurs.

129. Sable blanc, préparé comme le précédent . . . . . 100 parties.
Oxide rouge de plomb . . . 200
Potasse calcinée, en partie aérée. 20 à 25
Nitre. . . . . 20 à 25
La pesanteur de ce verre est de 39 à 40.

Autre.

130. Sable blanc, préparé comme ci-dessus. . . . . 100 parties.
Oxide rouge de plomb . . . 300
Potasse calcinée, en partie aérée. 5 à 10
Borax calciné . . . . . 200 à 300
La pesanteur de ce verre est de 33 à 40.

Autre.

131. Sable blanc, préparé comme ci-dessus. . . . . 100 parties.
Oxide rouge de plomb . . . 250

Potasse calcinée, en partie aérée. 15 à 20

Borax calciné . . . . . 25 à 30

La pesanteur de ce verre est de 40 à 45.

Toutes ces compositions sont très-fondantes; elles n'exigent qu'un feu médiocre, mais longtems continué (2 à 3 jours) pour achever l'oxidation, la dépuration du verre et la dissipation de l'alkali surabondant.

HUITIEME PARTIE.

De la pesanteur spécifique du verre.

132. Les résultats précédens font suffisamment voir combien il peut se trouver de différence dans la pesanteur spécifique de diverses espèces de verre. On a souvent besoin de déterminer la dose des matières premières d'une composition, de manière à obtenir plus ou moins de pesanteur dans le verre. Cette connaissance est utile, soit qu'on veuille préparer des cristaux pour les objectifs des lunettes achromatiques, parce qu'on sait que la dispersion de la lumière croît avec la pesanteur du verre, soit qu'on veuille imiter les pierres précieuses, naturelles dans leur couleur, leur pesanteur et leur force de décomposition de la lumière; elle évite des tâtonnemens longs et dispendieux; mais avant d'établir les règles qui peuvent y conduire, il est bon d'examiner les changemens que l'action du feu occasionne sur les substances qui entrent dans la composition des matières vitrifiables séparément, ou par leur combinaison entr'elles.

Les phénomènes que présentent les vitrifications du plomb, sont propres à jeter un grand jour sur cette matière.

133. L'oxigène est l'intermède qui sert à combiner le plomb avec la silice ou les autres terres dans la vitrification ; mais on n'a pas fait jusqu'ici assez d'attention à ce qui se passe dans cette opération. On sait en général que 100 parties d'oxide rouge de plomb peuvent en fournir 89 de ce métal réduit, d'où l'on a conclu que ces 100 parties étaient composées de 89 de métal et de 11 d'oxigène. Il faut observer que l'oxide de plomb a la faculté, comme plusieurs autres substances, et notamment la chaux et l'alkali fixe, de se charger d'acide carbonique après l'oxidation du plomb ; et en effet, les 100 parties d'oxide rouge de plomb ordinaire en contiennent 3 de cet acide, qui disparaissent dans la vitrification.

Si l'on met dans un creuset d'argille 100 parties de *minium* ordinaire à une température de 3 à 4,000 dégrés, (la moitié à-peu-près de celle des petits fours de verrerie,) ces 100 parties en perdent 3 et se réduisent à 97 de litharge parfaitement fondue et liquide comme de l'eau. Tant que la vitrification n'a pas lieu, les choses restent dans cet état. Si l'on continue l'action

du feu, on apperçoit distinctement le commencement de la vitrification; elle s'annonce par des bulles qui partent des parois du creuset, et par des nuages qui se répandent dans toute la litharge : c'est la dissolution de la matière propre du creuset par l'oxide de plomb en fusion. En laisant ainsi continuer l'opération seulement jusqu'à ce que la litharge ait pris assez de terre pour se convertir en verre, on obtient une masse entièrement transparente après le refroidissement, et l'on trouve, en ayant égard au poids primitif du creuset, qu'en effet, malgré la dissipation des bulles, les 97 parties de litharge n'ont pas diminué; on trouve même communément une petite augmentation. De ce fait bien constant, on pourrait conclure avec assurance que les 89 parties de plomb qui se trouvent dans ce verre restent combinées, au moins avec les 8 d'oxigène que contenait le *minium*.

En passant ainsi de l'état de métal jusqu'à celui de verre, le plomb augmente continuellement de poids absolu ; mais sa pesanteur spécifique va continuellement en diminuant. En effet, si l'on représente par 100 la pesanteur de l'eau, celle du plomb le sera par . . 1135

Celle de la litharge précédente refroidie, par 825

Et enfin, celle du verre obtenu ci-dessus, recuit et refroidi, par 727

Ce verre est le plus pesant que j'aie pu obtenir par la vitrification de l'oxide de plomb seul dans un creuset d'argile ; mais on voit qu'il est composé de plomb, d'oxigène, de silice et d'alumine, et jusqu'ici il est incertain que l'on puisse obtenir un verre de plomb transparent par la combinaison seule du plomb avec l'oxigène. Tout annonce qu'il lui faut une base terreuse pour déterminer la vitrification, et l'amener à la transparence. C'est dans cette vue que j'ai fait l'expérience suivante dans le laboratoire, et avec un creuset de platine du citoyen d'Arcet.

134. 100 parties de *minium* mises dans ce creuset ont été exposées au feu du fourneau de Coupelle, sous la moufle. Elles sont parvenues par la fusion à l'état de litharge, et se sont réduites à 97 comme dans mes creusets d'argile. Le tout ainsi fondu et très-liquide a été pesé de tems à autre. On n'a observé aucun changement ultérieur dans ce poids, qui s'est toujours conservé

le même pendant plus d'une demi-heure, et sans que cette action, continuée d'un feu actif, ait pu convertir la litharge en verre.

On a ajouté 16 parties de sable quartzeux blanc et calciné. La dissolution s'est faite promptement, et l'on a obtenu 113 deux tiers, ou à très-peu-près 114 parties de verre. Ainsi, il y a eu une augmentation de près d'une partie sur les 97 de litharge et les 16 de sable.

Ce verre n'était pas homogène : la pesanteur spécifique d'un morceau non-recuit s'est trouvée de 704.

Ce verre se trouve ainsi composé de plomb, de silice et d'oxigène ; et l'on voit que la combinaison de la silice a été nécessaire pour déterminer le passage à la vitrification.

135. Si l'on considérait la litharge obtenue comme un simple alliage de 89 parties de plomb et 8 d'oxigène, de manière que son volume fût égal à la somme des volumes du plomb et de l'oxigène, on trouverait, par la règle d'alliage ordinaire, que les pesanteurs du plomb et de la litharge étant respectivement représentées par les nombres 1135 et 825, celle de l'oxigène, dans cet état concret, serait de 218, en supposant

toujours celle de l'eau égale à 100 ; c'est-à-dire, que l'oxigène dans la litharge occuperait un volume environ deux mille fois plus petit que dans son état de gaz, à la température de l'athmosphère, où il est fondu par le calorique, et combiné avec lui ; mais on sait que dans ces dissolutions réciproques, le volume du composé est toujours plus petit que la somme de ceux des composans ; et, d'ailleurs, chacune des parties constituantes qui a subi l'action du feu, conserve toujours une portion de calorique combiné, plus ou moins grande, qui en augmente le volume.

136. Les phénomènes de la vitrification du plomb étaient propres à faire voir comment l'oxigène est l'intermède qui sert à combiner le métal avec la silice, pour parvenir à la vitrification. Tout doit faire également présumer qu'une portion de calorique reste combinée dans le verre. Ce qui se passe dans la vitrification du sable par l'alkali fixe, peut jeter un nouveau jour sur cette question.

Tout le monde sait que le carbonate de chaux calciné par l'action du feu, perd son acide ; que si l'on éteint la chaux dans l'obscurité, il s'en dégage du calorique et de la lumière. L'alkali

fixe, privé d'acide carbonique par une longue fusion au feu, opère également un dégagement considérable de calorique par sa solution dans l'eau. La même chose arrive quand on fait fondre dans l'eau, de la liqueur des cailloux. Si l'on réduit en poudre un verre parfaitement transparent, dans la combinaison duquel sur 100 parties il en reste 55 de silice et 45 d'alkali, qu'on le fasse fondre dans l'eau, un thermomètre placé dans la liqueur, annonce également un dégagement de calorique; dans tous ces cas, le dégagement de calorique prouve qu'il était retenu dans la combinaison, et qu'il y avait été porté par l'action du feu, tandis qu'une autre portion avait été employée à dégager l'acide carbonique concret et à le convertir en fluide élastique.

Il résulte donc de tous ces phénomènes sur la vitrification que, si l'oxigène et le calorique sont parties constituantes du verre, l'acide carbonique en est exclus, au moins dans les verres métalliques et alkalins.

137. Lorsqu'on fait du verre avec du sable et de l'alkali fixe, la quantité de silice combinée dans le verre, est d'autant plus grande, et la quantité d'alkali restante, d'autant plus petite, que le dégré de feu a été plus fort, en supposant

toutes fois qu'on ait laissé le verre assez de tems au feu pour dissiper tout l'alkali surabondant à la saturation réciproque de ces deux substances.

Le verre fait à un grand dégré de feu, est plus léger que celui qui est fait à une température plus basse. Le premier contient plus de silice et moins d'alkali que le second; en sorte que la pesanteur spécifique du verre augmente avec la dose d'alkali de la combinaison.

Il ne fallait rien moins qu'une suite constante d'expériences pour arriver à cette conséquence: en effet, on sait que le sable tombe au fonds de l'alkali en fusion.

La pesanteur de l'eau étant toujours exprimée par 100, celle du quartz et du sable qui en provient, est de 263; celle de la soude privée d'acide carbonique et fondue au feu de verrerie (environ 8000 dégrés) est de 199; celle du même sel refroidi et concret, de 222.

D'après ce simple apperçu, on aurait pu être tenté de conclure que la pesanteur du verre, considéré comme un alliage de sable et d'alkali, aurait diminué à mesure que la dose de silice diminue, et que la dose d'alkali augmente; mais on se serait étrangement trompé. Tous ces rapports

sont changés par la combinaison de ces deux substances au feu.

Le sable est composé de silice et d'une autre substance, jusqu'ici d'une nature inconnue, qui s'en dégage, avec effervescence, en fluide élastique par l'action de l'alkali ; celui-ci se combine avec la silice pour former ensemble le verre. Nous ignorons jusqu'à quel point le calorique, qui se joint à ce composé, s'y combine et adhère plus ou moins fort à l'une ou à l'autre de ces substances, dans leur pénétration ; mais il suffit de connaître les résultats de plusieurs combinaisons semblables, pour éviter toute erreur.

138. Si l'on détermine, avec soin, les doses de silice et d'alkali qui composent des verres formés de ces substances, à divers dégrés de feu, et leurs pesanteurs spécifiques, on s'apperçoit que les différences entre les doses d'alkali, sont sensiblement proportionnelles aux différences des pesanteurs spécifiques. Connaissant donc ces rapports pour deux verres particuliers, on sera à même d'en conclure la dose d'alkali d'un troisième par sa pesanteur spécifique, ou réciproquement, la pesanteur par la dose d'alkali.

Application.

Par expérience sur des verres faits avec de l'al-

kali, de la soude et du sable d'Aumont près Senlis, on a eu les résultats suivans, la pesanteur de l'eau étant exprimée par 100.

	Parties constituantes du verre silice	alkali	Pesanteur spécifique.
N°. 1. Verre solide	80	20	236
N°. 2. Verre tendre	54	46	254
Différences		26	18

Supposons que l'on demande quelles sont les doses de silice et d'alkali d'un autre verre n°. 3, de même espèce, et dont la pesanteur soit de 242; on le trouvera par la proportion suivante:

18 (Différence des pesanteurs spécifiques des nos. 1 et 2.)
est à 6 (Différence des pesanteurs des nos. 1 et 3.)
comme 26 (Différence entre les doses d'alkali des nos. 1 et 2.)
est à 9. (Différence entre les doses d'alkali des nos. 1 et 3.)

Ajoutant ces 9 aux 20 d'alkali du n°. 1, le total sera 29, d'où l'on conclura que ce verre est

composé de 29 d'alkali et de 71 de silice. L'expérience sur ce verre a donné environ 30 d'alkali et 70 de silice.

139. Quand on a ainsi, dans une manufacture, deux résultats bien connus, pour servir de termes de comparaison, la simple détermination des pesanteurs spécifiques suffit pour appercevoir s'il est survenu quelque changement dans la fabrication, et en rechercher la cause.

S'il entre de la chaux dans la composition, ce qui est le cas du verre ordinaire, la pesanteur augmente rapidement; mais dans ce cas, comme dans le précédent, il est utile de déterminer, de tems à autre, la pesanteur du verre fabriqué, en prenant pour terme de comparaison celle du verre de la fabrique, quand elle est bien dirigée. Si l'on voit que la pesanteur augmente, on peut en conclure ou qu'il est entré plus de chaux qu'à l'ordinaire dans la composition, ou bien que le feu n'a pas été assez actif, et qu'il est resté trop d'alkali dans la combinaison du verre.

140. La règle de l'article 138 s'applique également aux verres pesans composés de silice et d'oxide de plomb. Les différences entre les pesanteurs sont aussi proportionnelles aux différences entre les quantités d'oxide.

Application.

	Composition de matières vitrifiables. Sable	minium.	Pesanteur spécifique du verre.
N°. 1.	27	73	520
N°. 2.	11	89	657
Différences		16	137

Si l'on demande qu'elle sera la pesanteur du verre d'une composition n°. 3, de 20 de sable et 80 de *minium*.

16 (Différence entre les quantités de *minium* des n°s. 1 et 2.)

est à 7 (Différence entre les quantités de *minium* des n°s. 1 et 3.)

comme 137 (Différence entre les pesanteurs des n°s. 1 et 2.)

est à 59. (Différence entre les pesanteurs des n°s. 1 et 3.)

Ajoutant ces 59 à la pesanteur 520 du n°. 1, on aura 579 pour la pesanteur du verre de la composition n°. 3.

Ces résultats ne sont pas rigoureux comme les premiers entre le sable et l'alkali, parce qu'ici on n'a point décomposé le verre pour s'assurer des proportions de ses parties constituantes en

plomb, silice et oxigène, auxquelles se joignent d'autres portions de silice et d'alumine, provenant de la dégradation des creusets d'argile, toujours fortement attaqués par le verre de plomb ; mais ils sont suffisans dans la pratique pour obtenir, à-très-peu-près, la pesanteur que l'on cherche.

141. Au surplus, cette règle peut s'appliquer fréquemment, et avec utilité, dans beaucoup d'autres cas de dissolutions ou de combinaisons réciproques, notamment aux lessives alkalines pour lesquelles elle est d'une grande exactitude.

Application à l'alkali de la soude, fondu au feu de verrerie et privé d'acide carbonique, autant que cette opération le permet, et ensuite dissout dans l'eau.

On suppose, pour plus d'exactitude, la pesanteur de l'eau égale à 1,000.

	Quantité d'eau et de sel de chaque lessive.		Pesanteur spécifique.
	Eau.	Sel.	
N°. 1.	910	90	1099
N°. 2.	986	14	1024
Différences		76	75

Si l'on demande qu'elle est la quantité d'eau et de sel d'une autre lessive du même sel, dont la pesanteur est 1,060, on trouvera que sur 1,000 parties il y en a 50 de sel et 950 d'eau.

Cette méthode peut être d'un usage fréquent pour déterminer par la simple pesanteur spécifique d'une lessive la quantité de sel que 100 parties de soude ou de cendres contiennent.

142. Les diverses compositions de cristal que nous avons données, (art. 124 et suivans) font voir que dans les travaux en grand, on emploie à-la-fois l'oxide de plomb, le sable, l'alkali, etc. Dans tous ces cas, il est bon de prévoir qu'elle sera à-peu-près la pesanteur du verre qui résultera de ces compositions. La méthode à employer pour y parvenir, est fondée sur les considérations suivantes :

143. La fabrication du cristal exige moins de feu que celle du verre ordinaire, les compositions de cristal contenant toujours beaucoup de fondans pour le sable. La température des fours à cristaux est ordinairement telle que le verre d'alkali et de sable qui en résulte, en se saturant réciproquement, contient environ 75 parties de silice et 25 d'alkali, et donne lieu à une pesanteur d'environ 24, celle de l'eau étant exprimée par 10.

144. Au même feu, 73 parties de *minium* sont saturées par 27 de sable, donnant lieu à une pesanteur de 52; et, dans la pratique, je suppose 75 parties de *minium* pour 25 de sable qui donnent lieu à une pesanteur d'environ 54.

145. D'un autre côté, si l'on fait fondre ensemble deux verres, déjà préparés d'avance, l'un composé de silice et d'alkali, l'autre composé de silice et d'oxide de plomb, dont on aura déterminé les pesanteurs; le verre, ou plutôt l'alliage résultant des deux premiers, aura une pesanteur qui s'écartera peu de celle qu'on calculerait par la règle d'alliage ordinaire.

Cela posé : Il faut concevoir le sable de la composition, partagé en deux portions, l'une propre à saturer le *minium*, dont on déterminera la quantité par l'article 144. Le poids du verre qui en résultera sera égal au poids du sable, plus au poids du *minium*, diminué de 3 pour cent. L'autre portion de sable se chargera de l'alkali nécessaire à sa saturation, dont la quantité est déterminée par l'article 143; le surplus de l'alkali disparaît et se dissipe pendant la vitrification.

La quantité et la pesanteur de ces deux verres étant connues, on parviendra à connaître la pesanteur de leur alliage.

Application à la composition du cristal de l'article 124.

146. La composition étant de 100 parties de sable, 50 de *minium* et 40 de potasse, j'établis le type du calcul ainsi qu'il suit :

	Parties constituantes du verre.	Poids du verre.	Pesanteur du verre.
50 de minium se réduisent, par la vitrification à environ	48	64	54
Sable pour saturer le minium	16		
Restant du sable de la composition	84	112	24
Potasse pour le saturer	28		
TOTAL . . .		176	

1°. Je multiplie 54 par 24, et le produit par 176; j'obtiens ainsi un 1er. nombre (A) égal à 228096

2°. Je multiplie 64 par 24; j'obtiens un 2e. nombre (B) égal à 1536

3°. Je multiplie 112 par 54; j'obtiens un 3e. nombre (C) égal à , . . . 6048

4°. Ajoutant B et C, le total

(D) est 7584

5°. Divisant A par D, on a 30 au quotient; c'est la pesanteur cherchée du verre provenant de la composition. Voyez, pour le calcul, la note VI.

Les résultats que l'on obtient par le calcul, indiquent toujours une pesanteur un peu plus grande que celle du verre provenant de la fabrication. La différence est d'autant plus sensible qu'il entre plus de *minium* dans la composition; la raison en est que la matière du creuset se trouve plus attaquée par les compositions où l'oxide de plomb abonde que par celles où il y en a peu, ce qui ajoute toujours une nouvelle quantité de verre léger Au reste, la méthode précédente n'en est pas moins utile pour éviter de longs tâtonnemens.

La table VI contient la pesanteur spécifique de quelques matières vitrifiables et de plusieurs verres.

NEUVIEME PARTIE.

Des verres colorés.

On ne traitera dans cet article que des verres colorés par la vitrification ordinaire, et non des verres de couleur peints à chaud.

147. A la renaissance des arts en Europe, les verres de couleur furent très-recherchés; on les employa de préférence à l'ornement des temples. Le jeu de la lumière, qui les traversait, inspirait à-la-fois l'admiration, le respect et le recueillement. Leur usage rétabli avec le goût qui caractérise notre siècle, peut s'appliquer avantageusement à nos édifices publics ou particuliers, et à l'embellissement de nos fêtes. On peut en faire une application utile aux fanaux pour des signaux de nuit.

Les verres de couleur servent encore à imiter les pierres précieuses naturelles, de manière à produire une illusion complette à la vue simple; il ne leur manque en effet que la dureté pour s'y méprendre.

148. Quand on a pour objet de faire des verres

de couleurs pour des vitres ou des vases, les oxides métalliques destinés à ce genre de fabrication, s'emploient avec les compositions de verres légers blancs (art. 86, 87, 90) si ce sont des verres destinés à imiter les pierres précieuses, on se sert des compositions de cristal des articles 124, 125, 128, 129, 130 et 131, suivant la pesanteur des pierres.

Dans tous les cas, l'intensité de couleur dépend non-seulement de la dose d'oxide, mais encore de l'épaisseur du verre. On ne peut donc établir de règles invariables : c'est à l'artiste à choisir, dans chaque cas, la dose qui lui convient pour remplir son objet. Néanmoins, pour donner quelques exemples, je supposerai une épaisseur, pour les verres ordinaires, d'environ 2 millimètres (1 ligne) comme pour les verres à vitres de moyenne grandeur, dits verres façon de Bohême, sauf à diminuer la dose d'oxide à mesure que l'épaisseur du verre augmente.

149. Les oxides métalliques sont les substances que l'on emploie pour colorer le verre. Les nuances qu'ils y portent dépendent souvent de leur dégré d'oxidation, comme on le remarque plus particulièrement dans les oxides de fer. C'est pour cela qu'on ne se sert que des

oxides qui produisent des couleurs simples, vives et du même ton, chacun séparément, sauf à nuancer ces couleurs et en obtenir d'intermédiaires ou de composées par le mélange de plusieurs oxides à-la-fois dans la composition des matières vitrifiables.

Le rouge s'obtient par l'oxide d'or préparé convenablement avec l'étain, en y joignant le plus souvent de l'oxide de manganèse.

Le jaune, par l'oxide d'argent ou celui d'antimoine, et le plus souvent par l'un et l'autre à-la-fois.

Le bleu, par l'oxide de cobalt.

Le vert, par un mélange d'oxides d'argent et de cobalt, ou bien d'antimoine et de cobalt, couleur qui devient ainsi composée du jaune et du bleu.

On obtient aussi des verts avec les oxides de fer et de cuivre, soit seuls, soit avec l'antimoine et le cobalt.

Le violet, avec l'oxide de manganèse.

Ce n'est pas qu'on ne puisse obtenir quelques-unes de ces couleurs avec d'autres préparations. Ainsi, par exemple, on fait un très-beau bleu

avec un autre oxide que celui de cobalt, ce qui est contraire à l'opinion commune. Cette découverte est due au citoyen Darcet, qui me l'a communiquée, et dont j'ai fait utilement un fréquent usage; mais les oxides précédens sont suffisans pour porter toutes les couleurs désirables dans le verre.

Les verres ainsi colorés ne donnent passage qu'aux rayons de lumière qui nous les font paraître de telle ou telle couleur. Pour qu'ils produisent l'effet optique que l'on se propose, il faut qu'ils soient interposés entre l'œil et la lumière qui doit les traverser, et non pas qu'ils la réfléchissent. Ainsi, des carreaux de vitre rouges ou violets, quand ils sont vus en dedans d'un édifice, peuvent paraître bruns ou presque noirs, vus par réflexion ou en dehors.

ROUGE

Pour les verres à vitres et les vases.

150. On peut employer, pour les verres à vitres et les vases, les compositions des articles 86, 87 et 90; mais de la composition de l'article 90, on supprime l'oxide d'arsenic; on diminue la dose de potasse de six parties, et l'on ajoute dans tous les cas :

Nitre.	10 parties.
Oxide d'or (précipité de Cassius).	2 à 10
Sulfure d'antimoine	2 à 10
Oxide de manganèse	2 à 10

Voyez la note 7.

Pour imiter les pierres précieuses.

151. De la composition n.° 128, on retranche l'arsenic et l'on ajoute :

Nitre	10 parties.
Précipité de Cassius	3 à 15
Sulfure d'antimoine	3 à 15
Oxide de manganèse	3 à 15

On pourrait également employer la composition, n°. 129.

JAUNE.

Les oxides métalliques, les plus avantageusement employés pour teindre le verre en jaune, sont ceux d'argent et d'antimoine ; le premier, pour imiter les pierres précieuses ; le second, pour le même objet et pour les vases et les vitres.

Pour les verres à vitres et les vases avec l'oxide d'argent.

152. Aux compositions des articles 86, 87 ou 90, on ajoute :

Muriate d'argent . . . . . 5 à 10 parties.

Voyez la note 8.

AVEC L'ANTIMOINE

Aux compositions 86, 87 ou 90, on ajoute :

Verre d'antimoine . . . . . 2 à 4 parties.

Les couleurs précédentes sont fixes au feu ; mais, par économie, lorsqu'on n'a besoin de faire que quelques vases non assortis, tels que des flacons, des salières, etc., on se contente quelquefois, dans certaines verreries, d'ajouter aux compositions de verre blanc ci-dessus.

153. Tartre rouge et brut, tel qu'on le retire des tonneaux de vin rouge, en les grattant, 9 à 10.

Charbon de bois d'aulne ou de bouleau, un quart à un tiers.

Dans ce cas, il faut éviter d'employer, dans les compositions, soit des oxides de manganèse et d'asenic, soit du nitre, qui affaibliraient ou

pourraient entièrement faire disparaître la couleur jaune.

Pour imiter les pierres précieuses.

154. Aux compositions 128 et 129, on ajoute:

Muriate d'argent	10 à 15.
Ou bien verre d'antimoine . .	4 à 8.

BLEU

155. Le bleu s'obtient avec l'oxide de cobalt.

Pour les verres à vitres et les vases.

Aux compositions 86, 87 ou 90, on ajoute:

Oxide de cobalt	1 à 2.

Pour imiter les pierres précieuses.

156. Aux compositions 125, 128 et 129, on ajoute:

Oxide de cobalt	2 à 4.

VERT

Pour les verres à vitres et les vases.

157. Aux compositions 86, 87 ou 90, on ajoute:

Verre d'antimoine	3 à 6.
Oxide de cobalt	un demi à 1.

Pour les pierres précieuses.

158. Aux compositions 124 et 125, on ajoute :

Verre d'antimoine . . . . 4 à 8.

Oxide de cobalt. . . deux tiers à 1 un tiers.

VIOLET

Pour les verres à vitres et les vases.

159. Aux compositions 86, 87 ou 90, on ajoute :

Oxide de manganèse . . . 3 à 6

Pour les pierres précieuses.

160. Aux compositions 124, 125, 128 ou 129, on ajoute :

Oxide de manganèse . . . 4 à 12

Précipité de Cassius, un vingtième à un sixième.

OPALE.

161. Aux compositions 86, 87 ou 90, on ajoute :

Muriate d'argent 1

Phosphate calcaire (os calcinés, et de préférence ceux de mouton) . . . . . 4 à 6.

BLANC OPAQUE.

162. Aux compositions 86, 87 ou 90, on ajoute :

Oxide d'étain 100

NOIR.

163. Aux compositions 86, 87 ou 90, on ajoute :

Oxide de cobalt 10

Oxide de manganèse 10

Acétate de fer 10

NOTE PREMIÈRE.

164. Les bâtons étant des parallélipipèdes rectangles de 6 lignes de face (0,^{m}014) rompus par un bras de levier de 18 lignes de longueur, (0,^{m}041), on trouvera, par la méthode suivante, la tenacité pour chaque ligne quarrée (0,^{m}002) du plan de rupture, si le bâton était tiré dans sa longueur, au lieu d'être rompu à l'aide d'un bras de levier.

Soit t la ténacité par unité quarré du plan de rupture;

c le côté de ce plan ou du parallélipipède;

b le bras de levier, au bout duquel le poids est suspendu;

P le poids qui fait équilibre à toutes les résistances et qui opère la rupture;

c^{a} sera la surface du plan de rupture;

$c^{a}t$ la somme de toutes les tenacités de ce plan, et qui agit par un bras de levier $\frac{c}{2}$;

$\frac{c^{a}t}{2}$ sera la résistance que tous ces efforts opposent à la rupture.

D'un autre côté, P est le poids seulement suffisant pour vaincre cette résistance, et b son bras de levier. On a donc $\frac{c^3t}{2} = Pb$, et par conséquent $t = \frac{2Pb}{c^3}$.

Dans le cas des bâtons précédens, $c = 6$ lignes et $b = 18$ lignes, ce qui donne $t = \frac{P}{6}$.

C'est par cette formule qu'on a calculé les nombres de la dernière colonne de la table 1.

NOTE II.

165. Pour ramener ces quantités à une échelle connue, il suffit de déterminer la tenacité de bâtons semblables desséchés à des températures mesurées immédiatement par le moyen d'un thermomètre. C'est ce qui a été exécuté soit dans des étuves, soit dans des bains de sable.

Mettant à l'écart un assez grand nombre d'expériences, et ne faisant usage que de celles qui ont présenté le plus d'uniformité, on a obtenu les résultats suivans :

Dégrés mesurés au thermomètre de Réaumur.	Poids pour la rupture, exprimés en onces ou unités, dont chacune vaut 31 grammes.
17	43
35	59
83	83
120	96
183	114

Si l'on construit une ligne courbe (*fig.* 4), dont les abscises représentent les nombres de dégrés précédens et les ordonnées représentent les poids, on s'apperçoit qu'elle se confond avec une parabole ordinaire.

Si l'on appelle n le dombre de dégrés, et P le poids correspondant, on trouve que l'équation à la parabole qui satisfait aux résultats précédens est celle-ci :

$$(P - 25,58)^2 = 45,21\,(n - 10,29).$$

Connaissant donc la valeur de P, on en conclura celle de n.

C'est par ce moyen que j'ai obtenu les évaluations de la température de différens fourneaux. On les trouvera dans le tableau suivant. J'y ai ajouté celles que m'ont également fournies les pièces pyrométriques de M. Wedgvood.

166. TABLEAU

De la température de différens fourneaux.

	Pour ma méthode.		Par la méthode de M. Wedgvood.	
	Poids pour la rupture.	Dégrés de Réaumur.	Dégrés de Wedgvood.	Dégrés de Réaumur.
Carcaises propres à la recuisson des glaces et fourneaux à étendre des verres à vitres. . .	212	779	$7\frac{8}{10}$	936
La plus petite chaleur d'une arche à pots, celle d'un four à briques et de fours à frittes. . . .	237	999	$9\frac{8}{10}$	1052
La plus grande chaleur de la même arche, propre à des vitrifications tendres, soit avec des oxides métalliques, soit avec des sels, pour faire la liqueur des cailloux.	408	3245	$41\frac{8}{10}$	2894
Chaleur des ouvreaux d'un four de glacerie, équivalente à celle de plusieurs fours de gobeletterie et de verres à vitres, les pyromètres n'y étant restés que 42 heures. . .	579	6556	$111\frac{7}{10}$	6961
La même évaluée, en y laissant les pyrometres pendant 8 jours. . .	660	8912	$119\frac{7}{10}$	7425
Chaleur de l'intérieur d'un four de glacerie, au quart de son diamètre, la même que celle de plusieurs fours a bouteilles.	720	10676		
Chaleur d'un four propre à la fonte du bronze pour les canons, et au coulage des tables en bronze d'une glacerie. . .	609	7539	$138\frac{6}{10}$	8517

167. Quand la différence que l'on remarque entre les résultats des deux méthodes serait encore plus grande, on ne devrait pas en être surpris. L'une et l'autre dépendent de la précision que l'on obtient en formant la base de l'échelle d'après quelques dégrés pris à de basses températures, et d'après la loi que l'on suppose lier ces résultats, en passant à des températures plus élévées. Il restera toujours beaucoup d'incertitude tant qu'on ne se servira pas d'instrumens plus sensibles : les pyromètres d'argile n'acquièrent une retraite complète qu'en restant plusieurs jours aux plus hautes températures, et l'on observe entr'eux de très-grandes différences suivant qu'ils y sont exposés plus ou moins brusquement.

La méthode que j'ai employée peut encore servir à trouver la température qu'ont éprouvés des vases d'argile ou des fourneaux éteints, lorsqu'on connaît leur composition ou le mélange dont ils sont faits. Il suffit d'éprouver la tenacité de ce mélange à trois dégrés différens de température pour obtenir l'équation d'interpollation, et de trouver le tenacité d'un morceau des vases cuits ou des parois du fourneau. On en conclura le dégré de chaleur qu'ils ont éprouvé.

NOTE III.

168. Par différens essais sur du ciment de pots, très-fin, et passé au tamis de soie des boulangers, j'ai trouvé que la retraite par la cuisson était insensible, pourvu qu'on n'employât pas plus de 1 partie d'alumine neuve sur 4 parties (en poids) de ciment.

Supposons maintenant qu'on ait à déterminer la retraite d'un mélange de 75 parties d'argile neuve, et de 25 parties de ciment, l'argile neuve contenant 38 pour 100 d'alumine, on opérera comme il suit :

Les 75 parties d'argile en contiennent 28 d'alumine, et il reste 72, tant de ciment que de silice, dont le quart est 18. Ce dernier nombre, retranché de 28, donne 10. C'est la quantité d'alumine qui donnera lieu à une retraite par la diminution du volume de la masse.

NOTE IV.

169. Je supposerai les dégrés de température proportionnels à la densité des rayons caloriques. Cela posé :

PROBLÊME I.

AB et AD (*fig.* 5) étant deux droites perpendiculaires entr'elles, trouver la température qu'éprouve un corpuscule placé en B, de la part du cercle ardent engendré par la révolution de AD autour de l'axe AB, en supposant que chaque point du cercle envoie des rayons caloriques sur le corpuscule B, et que l'action des rayons qui émanent de chaque point ardent soit en raison inverse du quarré des distances à ce point.

SOLUTION.

170. Soient AB $=$ a; AD $=$ b; AP $=$ x; l'élément infiniment petit Pp $=$ dx; $\varphi =$ la température qu'éprouve le corpuscule B de la part du cercle décrit par AP, et par conséquent $d\varphi =$ la température produite par la zône décrite par Pp.

La température que B éprouve d'un des points de la surface du cercle étant comme la puissance — 2 de la distance de ce point à B, celle que B éprouvera de plusieurs points également distans de lui sera, comme ce nombre de points, multiplié par la puissance — 2 de leur distance à B.

Donc la température que B éprouvera de la couronne décrite par Pp sera, comme la surface de cette couronne, multipliée par la puissance — 2 de sa distance à B. Or, cette couronne est proportionnelle à $AP \times Pp = xdx$. On aura donc $d\varphi$ proportionnelle à $xdx\,(\overline{BP})^{2} = \frac{xdx}{(BP)^2}$, ou encore $d\varphi = \frac{Axdx}{(BP)^2}$, A étant une constante; mais comme la quantité A affecterait toute l'intégrale, et qu'elle disparaîtrait en comparant les dégrés de température pour différentes valeurs de AB, on peut la supprimer d'avance; ce qui donne $d\varphi = \frac{xdx}{(BP)^2} = \frac{xdx}{aa + xx}$, dont l'intégrale est $\varphi = l\,(aa + xx)^{\frac{1}{2}} + C$.

La constante C doit être telle que l'on ait $\varphi = o$ lorsque $x = o$. Donc $C = -la$, et par conséquent $\varphi = l\,(aa + xx)^{\frac{1}{2}} - la$.

Lorsque $x = AD = b$; φ exprime alors la température occasionnée par le cercle engendré par AD, et l'on a :

$$\varphi = l\,(aa + bb)^{\frac{1}{2}} - la = l{\cdot}BD - l{\cdot}AB = l\left(\frac{BD}{AB}\right).$$

171. Soit le rayon b du disque ardent $= 1$;

La densité des rayons à la distance 1, prise sur l'axe, égale aussi à 1,

La formule précédente donnera la densité des rayons à d'autres distances prises sur l'axe et exprimées en rayons du disque, comme on le voit (*table IV*).

Un coup-d'œil jeté sur cette table suffit pour appercevoir avec quelle rapidité la température décroît à mesure qu'on s'éloigne du disque.

172. Boerrhaave avait déterminé cette différence par des expériences faites avec un miroir ardent ; mais l'explication qu'il en donne est différente. Voici comme il s'exprime, *dans son Traité du Feu*, à l'occasion du miroir de Villette :

« Si vous avez un thermomètre (de Fahren-
» heit) qui, placé en hiver, dans un endroit
» découvert, soit à 20 dégrés, et qu'en même
» tems vous réunissiez par le miroir de Villette
» les rayons solaires en un foyer capable de
» vitrifier en un instant un caillou ; que pensez-
» vous qu'il arrivera, si vous placez ce ther-
» momètre dans l'axe de ce miroir à 5 pouces
» du foyer ? L'expérience nous apprend qu'il
» indiquera à peine une chaleur de 190
» degrés, etc. »

On voit que la loi de la propagation du ca-

lorique, que nous avons établie, suffit pour en donner une explication suffisante, sans avoir recours à d'autres hypothèses.

La formule que j'ai donnée est applicable à la détermination de la densité des rayons caloriques qui émanent, en tous sens, de chaque point d'un disque ardent; dans un milieu dont la résistance serait nulle ou très-petite. Elle l'est également pour la densité des rayons de lumière, puisque la loi de la propagation est la même dans les deux cas. Elle peut donc servir à déterminer, soit le calorique, soit la lumière que les planètes reçoivent du soleil, suivant les distances auxquelles elles en sont placées.

173. Mais si l'on voulait avoir égard à la résistance du milieu, il suffirait de connaître la loi suivant laquelle l'intensité de température décroît en s'éloignant du point ardent.

Supposons que cette action soit comme une puissance quelconque n de la distance, on aura : $d\varphi = xdx \cdot (BP)^{n} = xdx(aa + xx)^{\frac{n}{2}}$, dont l'intégrale est : $\varphi = \frac{(aa+xx)^{\frac{n+2}{2}}}{n+2} + C$; et comme

on doit avoir à-la-fois $\varphi = o$ et $x = o$, on aura aussi $C = \frac{-a^{n+2}}{n+2}$. Donc . . .

$$\varphi = \frac{(aa+xx)^{\frac{n+2}{2}} - a^{n+2}}{n+2}.$$

Lorsque $x = b$, cette équation devient $\varphi = \frac{(BD)^{n+2} - (AB)^{n+2}}{n+2}$, qui est générale pour toutes les valeurs de n, excepté pour le cas où $n = -2$, et qui a été résolu (170).

PROBLÊME II.

174. Trouver la température qu'éprouve le corpuscule B placé sur l'axe de la courbe AM (*fig.* 6) de la part du solide ardent engendré par la révolution de l'arc APM autour de l'axe AP, en supposant l'intensité d'action de chaque point ardent en raison inverse du quarré des distances ?

SOLUTION.

Soient $AB = a$; les coordonnées perpendiculaires $AP = x$, $PM = y$.

Imaginons l'ordonnée Pm infiniment proche de PM, on aura $Pp = dx$.

Nous avons trouvé (170) que la température produite par le cercle engendré par PM serait ici comme $l(\frac{BM}{BP})$.

Si l'on appelle φ la température produite par le solide engendré par APM, alors $d\varphi$ sera la température produite par le solide infiniment petit PpmM, et l'on aura

$$d\varphi = dx.l(\tfrac{BM}{BP}) = dx.l(BM) - dx.l(BP).$$

175. Lorsque x est plus petite que a, on a $Pb = a - x$; mais dans la partie de la courbe où x est plus grande que a, on a $Pb = x - a$.

Imaginant l'ordonnée BQ passant par le point B, on aura $PB = a - x$ dans toute l'étendue de l'are AQ; et pour l'are quelconque QN, on aura $PB = x - a$. Ainsi, pour la partie AQ de la courbe, nous aurons

$$d\varphi = dx.l(\overline{a - x}^{2} + yy)^{\frac{1}{2}} - dx.l(a - x).$$

La constante que l'on ajoutera à l'intégrale doit se déterminer par la condition que l'on ait $\varphi = 0$, lorsque $x = 0$; et φ recevra sa valeur complète en faisant $x = a$.

176. Pour avoir la température produite par le solide, correspondant à l'are QN, nous en

représenterons l'intensité par ψ, afin de la distinguer de . Nous représenterons de même les co-ordonnées par x' et y' : cela posé, nous aurons

$$d\psi = dx'.l(\overline{x' - a}^{2} + y'y')^{\frac{1}{2}} - dx'.l(x' - a).$$

La constance doit être telle, que l'on ait $\psi = o$ lorsque $x' = a$ et la valeur totale de ψ se trouvera en faisant dans son expression x' égale à une quantité déterminée plus grande que a.

Ajoutant les valeurs de φ et de ψ, on aura l'expression de température pour le solide correspondant à l'are AN.

Application a la Sphère.

177. Soit la courbe génératrice un arc de cercle dont le diamètre $= a+b$; l'équation de la courbe sera $yy = (a+b)\,x - xx$. Donc $d\varphi = dx.l(aa - ax + bx)^{\frac{1}{2}} - dx.l(a-x)$, dont l'intégrale est

$$\varphi = \frac{1}{2(b-a)}[(aa - ax + bx).l(aa - ax + bx) - aa + ax - bx] + (a-x).l(a-x) - a + x + C.$$

Faisant $\varphi = o$ et $x = o$, on a . . .

$$C = \frac{-aa}{2(b-a)}(2la - 1) - a(la - 1) ; \text{ et . .}$$

$\varphi = \frac{1}{2(b-a)}[(aa - ax + bx).l(aa - ax + bx) - aa.l(aa) + ax - bx] + (a - x).l(a - x) + x - a.la.$

178. La valeur de ψ se trouve d'une manière semblable. En effet, l'équation de la courbe est encore $y'y' = (a + b)x' - x'x'$, ce qui donne $d\psi = dx'.l(aa - ax' + bx')^{\frac{1}{2}} - dx'.l(x' - a)$, dont l'intégrale est

$\psi = \frac{1}{2(b-a)}[(aa - ax' + bx').l(aa - ax' + bx') - aa + ax' - bx'] + x' - a + (a - x').l(x' - a) + C'.$

Faisant $\psi = o$ et $x' = a$, on a . . . $C' = \frac{-1}{2(b-a)}[ab.l(ab) - ab]$. Donc. . .

$$\psi = \frac{1}{2(b-a)}[(aa - ax' + bx').l(aa - ax' + bx') - aa + ax' - bx' - ab.l(ab) + ab] + (a - x').l(x' - a) + x' - a.$$

179. Supposons que la sphère soit entière, il faudra faire $x = a$ dans la valeur de φ et $x' = a + b$ dans celle de ψ, ce qui donnera

$$\varphi + \psi = \frac{a+b}{2} + \frac{ab}{b-a}(lb - la).$$

180. Soit r le rayon de la sphère. Si l'on fait $a = mr$, il faudra faire en même-tems $b = (2 - m).r$ et l'équation précédente deviendra

$\varphi + \psi = r\left[1 + \frac{m(2-m)}{2(1-m)} \cdot l\left(\frac{2-m}{m}\right)\right]$. Ainsi, m conservant la même valeur, la température est proportionnelle à r. Donc :

Les points situés semblablement dans différentes sphères éprouvent une température proportionnelle au rayon de leur sphère,

181. Donnons actuellement différentes valeurs à m, afin d'avoir le rapport entre les dégrés de température pour différens points situés dans la même sphère, en supposant $r = 1$.

soient	$m = 0$;	donc $\varphi + \psi =$	1,00
	$\frac{1}{3}$		1,67
	$\frac{1}{2}$		1,82
	$\frac{2}{3}$		1,92
	1		2,00

Ainsi, les dégrés de température pour des points situés à la surface, au tiers, à la moitié, aux deux tiers du rayon et au centre de la sphère, sont entr'eux comme les nombres 100, 167, 182, 192 et 200.

182. Pour avoir l'expression de température des divers points situés sur l'axe dans une hé-

misphère, il suffira de faire $x' = \frac{a+b}{2}$ dans la valeur de ψ de l'article 178, et de l'ajouter à φ. Si l'on effectue le calcul, comme nous l'avons fait pour la sphère entière, et que l'on donne différentes valeurs à m dans la supposition de r = 1, on aura les résultats suivans :

soient . . . . . $m = 0$; donc $\varphi + \psi = 0{,}84$

$\frac{1}{3}$ 1,42

$\frac{1}{2}$ 1,50

$\frac{2}{3}$ 1,49

1 1,00

Ainsi, les dégrés de température pour des points situés à l'extrémité de l'axe, au tiers, à la moitié, aux deux tiers du rayon et au centre de sphéricité, sont entr'eux comme les nombres 84, 142, 150, 149 et 100.

183. Quant à la température des divers points situés dans le grand cercle, qui forme la base de l'hémisphère, elle est la moitié de celle des mêmes points situés dans la sphère entière.

184. Cherchons maintenant l'expression de température, en supposant que son intensité soit comme une puissance quelconque n de la dis-

tance, et contentons-nous de déterminer la valeur de φ, celle de ψ ne souffrant pas plus de difficulté.

On a trouvé (173) que la température produite par le cercle engendré par P M était généralement comme $\frac{\overline{BM}^{n+2} - \overline{BP}^{n+2}}{n+2}$. On aura donc pour le solide infiniment petit engendré par PpmM, $d\varphi = \frac{\overline{BM}^{n+2} - \overline{BP}^{n+2}}{n+2} \cdot dx = \frac{[(a-x)_2 + yy]^{\frac{n+2}{2}} - 1\,(a-x)^{n+2}}{n+2}$, dx, et cette équation devient, pour la sphère,

$$d\varphi = \frac{(aa - ax + bx)^{\frac{n+2}{2}}}{n+2}.dx - \frac{1}{n+2}(a-x)^{n+2}\,dx,$$

dont l'intégrale est

$$\varphi = \frac{2\,(aa - ax + bx)^{\frac{n+4}{2}}}{(n+4)\,(n+2)\,(b-a)} + \frac{(a-x)^{n+3}}{(n+3)\,(n+2)} + C.$$

La constante C étant telle que l'on ait $\varphi = o$ quand $x = o$, elle devient

$$C = \frac{-2 \cdot a^{n+4}}{(n+4)\,(n+2)\,(b-a)} - 1 \cdot \frac{a^{n+3}}{(n+3)\,(n+2)}.$$ Donc

$$\varphi = \frac{2(aa - ax + bx)^{\frac{n+4}{2}} - 2.a^{n+4}}{(n+4)\,(n+2)\,(b-a)} + \frac{(a-x)^{n+3} - a^{n+3}}{(n+3)\,(n+2)}.$$

Cette équation générale ne peut cependant être applicable immédiatement dans trois cas : 1°. lorsque $n = -2$; 2°. lorsque $n = -3$; enfin, lorsque $n = -4$.

185. Le cas de $n = -2$ a été résolu précédemment (177); lorsque $n = -3$, on trouve $\varphi = -\frac{2(aa - ax + bx)^{\frac{1}{2}}}{b - a} - l(a - x) + C$; et lorsque $n = -4$,

$\varphi = \frac{-1}{2(b-a)}, l(aa - ax + bx) + \frac{1}{2(a-x)} + C$.

186. La table V contient l'application des formules des articles 181 et 182 à la détermination de la température de différens points situés soit dans la sphère, soit dans l'hémisphère. La densité des rayons caloriques est exprimée par 1 au centre de la sphère. Le rayon est partagé en 10 parties égales, et les distances sont comptées en partant du centre de sphéricité.

NOTE V.

187. Depuis la révolution française, la décomposition des sulfates à base d'alkali fixe, a été mise en usage avec un succès et une rapidité qui tiendraient du prodige, si l'on ne connais-

sait pas les ressources que peut créer le génie de la liberté. L'art de décomposer le sulfate de soude était bien connu de quelques artistes, même par des procédés différens ; mais cet art n'était point appuyé sur un corps de doctrine. L'état d'isolement ou s'est trouvée la république dans la guerre qu'elle a eu à soutenir contre ses ennemis coalisés, l'a obligée à se restreindre aux productions de son sol. Il a fallu que le génie national suppléât à tout. L'appel qu'il lui fut fait par la convention montra, de toutes parts des ressources nouvelles, et donna lieu à la création de nouveaux arts, parmi lesquels celui de retirer la soude du sel marin occupera toujours une place distinguée.

Pour prendre une idée du dévouement généreux des artistes français et des savans, à qui nous devons ces découvertes précieuses, il faut lire le rapport fait sur cet objet au comité de Salut public, en l'an 2, par les citoyens Darcet, Leliévre et Pelletier, chimistes nommés pour vérifier les divers procédés dont les savans et les artistes avaient fait hommage à la patrie, en constater l'exactitude, en apprécier les avantages et y ajouter tout le perfectionnement que l'on avait droit d'attendre de leurs lumières et de leur

civisme. Le succès a complettement répondu à ces flatteuses espérances.

188. Parmi les divers procédés, on en distingue trois principaux. Le premier fondé sur les principes avancés (art. 69), consiste à mêler ensemble 1000 parties de sulfate de soude, privé de son eau de cristallisation, 1000 de craie ou carbonate de chaux lavée, et enfin 550 de poudre de charbon, et à exposer le tout à un feu de reverbère suffisant pour faire fondre cette composition. Les phénomènes que présente cette opération sont intéressans.

« Le four doit être rouge avant d'y charger » la matière : on le ferme ensuite. On ménage » d'abord le feu de peur que le torrent de la » flamme n'emporte beaucoup de ce mélange » encore en poudre ; mais dès que le fourneau » est fermé, la matière commence à travailler ; » elle fond et se pelotte de proche en proche : » c'est le moment de la brasser avec un rable de » fer, afin de ramener en dessus la matière qui » se trouve dessous, où la flamme ne peut pas » pénétrer.

» Elle n'est pas plutôt réduite dans l'état » d'une fonte pultacée uniforme, qu'on voit se

» dégager de toute la masse des sels, du gaz
» hydrogène sulfuré, qui part du corps de la
» pâte avec une espèce d'explosion très-sensible,
» vient à la surface s'enflammer au courant de
» l'air avec vivacité, et présente ainsi l'appa-
» rence d'un feu d'artifice.

» Ce phénomène agréable est accompagné
» d'effervescence et d'ébullition; c'est le mo-
» ment de brasser avec force, afin de consumer
» le soufre qui se forme, et de hâter le dégage-
» ment de ce gaz hydrogène qui est l'effet de sa
» décomposition. C'est pour cela que l'ouvrier
» ne doit cesser de brasser que quand l'ébullition
» cesse, et que les jets de flamme ne jaillissent
» plus; alors la pâte devient plus fluide. Si l'on
» y plonge un ringard, et que la croûte qu'il
» en rapporte et qui se brise en refroidissant,
» présente un grain bien uni, on juge que
» l'opération tend à sa fin, et c'est là le moment
» de la retirer du four : car l'y laisser plus long-
» tems, l'alkali reperdrait une partie du gaz
» carbonique qu'il a reçu de la craie.

» Il n'est pas moins important de veiller sur
» le feu, à ce dernier terme de l'opération. Trop
» de chaleur ne manquerait pas de faire fritter
» la craie par l'alkali, comme trop peu de feu

» laisserait durcir la matière et mettrait presque » dans l'impossibilité de la retirer du four, mais » un ouvrier intelligent et adroit prévient sans » peine ces deux inconvéniens : et c'est ici que » l'usage et l'habitude de voir instruisent plus » que les préceptes.

» On retire la matière du four avec un rable » de fer, elle tombe à terre sous la forme d'une » pâte molle, terreuse et embrasée; elle se durcit » en refroidissant ; alors elle se brise sans peine » et ressemble parfaitement à la soude brute ou » soude de commerce qu'on a eu pour objet » d'imiter : 1562 l. de cette matière donnent » 900 l. de soude brute sortant du four.

. . . . . .

» A mesure que la pâte refroidit, on la brise » en blocs de différentes grosseurs ; on la porte » dans un magasin un peu humide; là, elle » délite et tombe en poussière, à l'aide de l'eau » de l'athmosphère et de l'oxigène, qui forme » l'acide carbonique, qu'elle absorbe, et dont elle » se sature. »

Ce procédé est dû aux citoyens Dizé, Leblanc et Shée, qui avaient établi une manufacture de soude à Franciade.

Les essais de cette soude faits avec soin ont donné sur 100 parties de soude brute :

,, Soude crystallisée. . . .	37,50
,, Soude évaporée à siccité. .	23,12
,, Résidu de la lixiviation. . .	73,44
,, Poids total des produits. . .	134,06

« L'accrétion de poids que l'on observe dans ,, ces produits, doit être attribué à l'eau qu'ils ,, retiennent.

,, Le résidu terreux ou craie sulfurée contient ,, sur 100 parties,

,, Charbon.	1,50
,, Soufre.	12,00
,, Craie.	86,00
TOTAL.	99,50

Ces phénomènes et le résultat de l'opération font voir qu'à une température assez élevée pour opérer la fonte du mélange à l'air libre, et mettre les parties constitutives de chaque substance en état d'exercer leurs affinités les unes sur les autres ; l'acide du sulfate de soude tend à se

décomposer par le charbon. Le soufre se porte en partie sur la chaux, et en partie se convertit par la combustion en acide sulfureux et se dissipe, tandis que l'acide carbonique provenant de la craie, d'une part, et de la combinaison du carbone avec l'oxigène de l'acide sulfurique, d'autre part, s'unit à la soude et forme du carbonate de soude qu'on retire par la lixiviation.

Deuxième procédé par le citoyen Malherbe.

189. » Ce procédé est celui que le citoyen » Malherbe proposa au gouvernement en 1777. » Prenez, dit-il, telle quantité que vous vou- » drez de sulfate de soude; ajoutez $\frac{1}{10}$ de charbon » en poudre et $\frac{1}{3}$ de fer ou de vieille ferraille, » n'importe : faites fondre le tout. La matière » fondue et coulée se durcit par le refroidisse- » ment; mais elle délite bientôt à l'air. La lessive » en est verdâtre, soit par un peu de fer, soit » par le charbon que l'alkali caustique tient en » dissolution; mais évaporez la dissolution, » faites cristalliser votre sel ou, ce qui vaut » mieux, évaporez à siccité; calcinez jusqu'à » une légère incandescence, et vous aurez un » alkali minéral doué de toutes les propriétés » qu'il doit avoir ».

Ce procédé était depuis long-tems exécuté en grand avec succès à la manufacture de Javelle, par le citoyen Alban, qui s'empressa aussi d'en faire hommage au comité de Salut public, et les manipulations que cet habile artiste a employées méritent une attention particulière pour opérer avec certitude.

Voici le compte qu'en rendent les commissaires, sous les yeux desquels il a été répété par le citoyen Alban.

« On a pesé,

» Sulfate de soude calciné. . .	200 l.
» Charbon pulvérisé.	40
» Rognures de fer blanc, de tôle, etc.	65
» Charbon en état de braise. . .	22
TOTAL.	327 l.

« On a chargé d'abord un four de reverbère, » qu'on avait eu soin de chauffer quelques » heures auparavant, d'un mélange du sulfate » et de 40 l. de charbon en poudre: on a fermé le » fourneau; une heure après on a brassé la ma- » tière, et lorsque le mélange a été bien fondu, » on y a introduit 40 livres de rognures de fer » et de vieilles tôles; car toute espèce de fer est

» également propre à cet usage : on a préféré ici
» les rognures de fer blanc, parce qu'étant plus
» minces et par conséquent présentant plus de
» surface, ce métal est, dans cet état, plutôt
» attaqué et dissous. On a brassé le tout à diffé-
» rentes reprises, et dans l'intervalle on tenait
» avec soin la porte du fourneau fermée. La
» matière qui était d'abord fondue et liquide
» prend alors plus de consistance. Elle bouil-
» lonne, se gonfle et écume : le fer a été bientôt
» dissous, alors on y a ajouté 16 liv. de braise
» de charbon ; on a brassé, et bientôt on a vu
» paraître à la surface, les mêmes jets de gaz
» hydrogène sulfuré, que lors de l'expérience
» faite à Franciade. Lorsque tout le fer nous a
» paru entiérement dissous, on y a introduit les
» autres 25 livres de rognures de fer, et six liv.
» de braise ; on a brassé souvent et avec soin,
» et le mélange a continué de fournir abondam-
» ment les jets de flamme de gaz hydrogène
» sulfuré.

» Enfin, la matière étant dans un état de
» fusion parfaite et les jets de flamme deve-
» nant plus rares, on a retiré le mélange du
» feu, en le fesant couler à terre entre des pla-
» ques de fer disposées de manière à ne pas

» blesser les ouvriers par les éclaboussures de
» cette matière fondue et embrasée.

» Cette soude brute refroidie était d'un brun
» noirâtre ; elle se couvre bientôt d'une efflo-
» rescence jaune. Le contact de l'air la noircit
» davantage : son goût est caustique ; elle pré-
» sente, dans sa cassure, une surface unie, striée,
» brillante et comme métallique. Elle délite
» promptement à l'air avec dégagement de ca-
» lorique. Son poids, au sortir du fourneau,
» s'est trouvé de 215 livres. La perte a donc
» été de 234 livres. L'opération a duré en tout
» l'espace de trois heures
» . . . . . .
» 5 livres de cette soude ont été exposées à
» l'air pendant vingt jours ; elle y a délité et
» s'est réduite en poussière ; et, dans cet état ;
» son poids s'est tellement accru que les 5 livres
» en pesaient 8. Cette augmentation est dûe à
» l'eau et à l'acide carbonique, que la soude
» caustique a puissamment attirés de l'athmos-
» phère. Il faut observer que pendant que la
» soude délite ainsi, il s'en dégage de la chaleur
» et du gaz hépatique sulfuré. Nous verrons par
» la suite que le résidu est un vrai pyrophore.

Produits de 100 *parties de soude brute.*

,, Les lessives évaporées ont donné :	
,, Soude cristallisée.	71,25
,, Soude sèche et pulvérulente en ,, partie caustique et en partie aérée, ,, tenant un peu de fer et de matière ,, charbonneuse.	22,69

Résidu des lessives.

,, Sulfure de fer uni à un peu de ,, matière charbonneuse desséchée.	86,37
TOTAL. . .	181,31

L'augmentation de poids est dûe à l'eau et à l'acide carbonique. Les phénomènes les plus importans sont les mêmes que dans le procédé des citoyens Leblanc, Dizé et Shée. Le jeu des affinités des diverses substances, à une température et dans des circonstances à-peu-près les mêmes, est aussi semblable.

190. Le rapport des commissaires contient un grand nombre d'autres procèdés particuliers pour extraire la soude du sel marin, tels que celui des citoyens Malherbes et Athenas, pour la décom-

position du muriate de soude ou sel marin, par le moyen du sulfate de fer et du charbon ; celui du citoyen Athenas, pour la même décomposition, par le moyen du cuivre et du zinc ; celui des citoyens Guyton et Carny, par le moyen de la chaux vive ; celui du citoyen Carny, par le moyen de l'oxide rouge de plomb ; celui de la conversion du muriate en sulfate de soude, par l'intermède de la pyrite martiale, en les faisant brûler, soit avec du charbon de bois, de la houille ou de la tourbe.

Un autre procédé qui peut être employé avantageusement dans des verreries à cristaux est le suivant :

191. *Procédé des citoyens Chaptal et Berard pour décomposer le sel marin ou muriate de soude, et en extraire la soude.*

„ Prenez quatre quintaux de litharge bien „ tamisée ; distribuez-la dans quatre grands „ vases de terre vernisés, par égales portions.

„ Faites dissoudre, d'un autre côté, un quin- „ tal de sel marin dans environ quatre quin- „ taux d'eau.

„ Versez dans chacun des quatre vases de

„ terre un quart de cette dissolution de sel marin „ pour former une pâte d'une légère consis- „ tance. On laisse le tout en repos pendant „ quelques heures ; et l'orsqu'on s'apperçoit que „ la surface commence à blanchir, alors il „ faut remuer avec une forte spatule de bois, „ sans cela la pâte acquerrait une grande du- „ reté, et une bonne partie de sel marin échap- „ perait à la décomposition.

„ Il faut remuer à mesure que la consistance „ augmente, et délayer avec de nouvelles quan- „ tités de la dissolution de sel marin, de ma- „ nière à y entretenir le même dégré de consis- „ tance. Si la dissolution ne suffit pas, on aura „ recours vers la fin à l'eau ordinaire.

„ De cette manière, la décomposition se fait „ dans les vingt-quatre heures, et le résultat est „ alors une pâte homogène très-blanche, sans „ grumeaux, présentant un volume bien plus „ considérable que celui de la litharge em- „ ployée.

„ Il convient de laisser cette pâte dans les „ terrines pendant vingt-quatre autres heures, „ et de la remuer de tems en tems pour opérer „ une décomposition plus parfaite.

„ Dans cet état, la soude est caustique et „ imbibe le muriate de plomb. Pour séparer „ cette soude, il n'est question que de laver „ convenablement ce sel.

„ Pour cela, délayez cette pâte avec suffisante „ quantité d'eau bouillante, en versant peu-à- „ peu, et agitant sans cesse le mélange; car, „ sans cela, la pâte se grumelle et le lessivage „ devient très-difficile.

„ Séparez ensuite, par décantation, l'eau de „ soude qui surnage, et dégagez le reste de cet „ alkali par la filtration et l'expression à l'aide „ d'une toile.

„ On obtient la soude sous forme sèche, en „ évaporant la liqueur dans des vases de fer; „ l'on retire par ce procédé soixante-quinze liv. „ de soude bien plus pure que les meilleures „ du commerce, quoique mêlée d'une certaine „ quantité de muriate de plomb, et quelquefois „ d'un peu de sel commun, dont on peut la „ débarrasser par des opérations subséquentes. „

Cette soude très-caustique dans le principe se charge à l'air d'acide carbonique, et augmente en poids.

Produits de l'opération en muriate de plomb.

« 1°. Ce muriate calciné donne une couleur » jaune, solide, brillante, qu'on peut employer » à l'huile avec succès.

» 2°. Si l'on verse de l'acide sulfurique, affaibli » à 20 ou 25 dégrés de l'aréomètre sur le mu- » riate de plomb, il prend à l'instant une cou- » leur blanche superbe ; la masse diminue con- » sidérablement en volume, et il en résulte un » sulfate de plomb d'une division et d'une finesse » extrêmes ; on lave de nouveau ce sel à grande » eau ; on le brasse avec le plus grand soin dans » des moulins semblables à ceux usités en Hol- » lande, dans les fabriques de céruse. Il prend, » par ce moyen, de la consistanc ; on le met » ensuite dans des creusets poreux, qu'on de- » pose sur des étages pour en faciliter l'exsic- » cation.

» Ce blanc de plomb peut remplacer dans le » commerce celui de Hollande ; il ne jaunit » point avec les huiles, et il ne diffère de celui » du commerce que parce qu'il est plus léger, » et que, conséquemment, il couvre moins ai- » sément les corps qu'on en enduit.

» On peut employer ce blanc de plomb pour

„ les objets de peinture; mais l'artiste qui voudra „ s'en servir pour barbouiller des lambris, des „ portes ou des fenêtres, trouvera qu'il foisonne „ moins que celui de Hollande.

„ Si, à l'aide d'une dissolution d'alkali, on „ décompose le sulfate de plomb, l'oxide qui „ se précipite, présente beaucoup plus de con- „ sistance que le sulfate lui-même, ce qui le „ rapproche du blanc de plomb de Hollande; „ mais, dans cet état, il jaunit un peu avec les „ huiles.

„ 3°. Le muriate de plomb peut être décom- „ posé par le moyen du carbonne, et tout le „ plomb reparaît alors sous forme métallique; „ on peut procéder de plusieurs manières à cette „ décomposition.

„ A. Ce muriate jeté sur les charbons allumés „ devient d'un jaune tirant sur le rouge et se „ réduit en plomb.

„ B. Ce muriate desséché et bien mêlé avec le „ quart de son poids de charbon pilé, exposé „ au feu dans des vases de fer, chauffés au rouge, „ donne environ 80 pour cent de plomb.

„ Ce muriate desséché, mêlé avec la lie ou „ le tartre, et traité comme ci-dessus, fournit

» la même quantité de plomb. Par ce dernier » procédé, outre le plomb, on obtient une cer- » taine quantité de cendres gravelées, mêlées » d'un peu de sel ; ce nouveau produit diminue » les frais de l'opération. »

Ce procédé peut être employé avantageusement dans nos verreries à cristaux, dans la composition desquels on fait entrer l'oxide de plomb, en doses beaucoup plus grandes que celui qui reste avec la soude obtenue par ce procédé. On a même, dans ces verreries, à sa disposition, des moyens économiques, tant pour la réduction du muriate de plomb, que pour sa conversion nouvelle en litharge. Il est d'ailleurs bien avantageux pour un artiste de pouvoir faire préparer ses matières premières sous ses yeux, afin d'être assuré de leur pureté, ce qui n'arrive que rarement, lorsqu'il se les procure par la voie du commerce.

NOTE VI.

PROBLÊME.

192. Connaissant le poids absolu et la pesanteur spécifique de deux verres différens ; trouver la pesanteur spécifique de leur alliage, en

supposant le volume de celui-ci égal à la somme des volumes des deux verres ?

SOLUTION.

Soient p le poids absolu du premier verre, et d sa densité ou pesanteur spécifique.
p' le poids absolu du second et d' sa densité ;

$p + p'$ sera le poids absolu de l'alliage. Soit x sa densité. On sait qu'en général le volume d'un corps est égal à son poids divisé par sa densité. Ainsi

Le volume du 1er verre sera $= \frac{p}{d}$.

Le volume du 2e. verre $= \frac{p'}{d'}$.

Le volume de l'alliage $= \frac{p+p'}{x}$. Donc $\frac{p}{d} + \frac{p'}{d'} = \frac{p+p'}{x}$; d'où l'on tire

$$x = \frac{(p+p')dd'}{pd' + p'd}.$$

EXEMPLE I.

193. Soit (comme dans l'article 146) $p = 64$; $d = 54$; $p' = 112$ et $d' = 24$, on trouvera $x = 30$. C'est la pesanteur spécifique cherchée.

EXEMPLE II.

194. Soit la composition de cristal (art. 125). Ses bases principales sont 100 parties de sable, 80 de *minium* et 35 de potasse.

Type du calcul.

	Parties constituantes du verre.	Poids du verre.	Pesanteur du verre.
80 de *minium* se réduisent par la vitrification à	77	102	54
Sable pour les saturer.	25		
Restant du sable de la composition. . .	75	100	24
Potasse pour le saturer.	25		
TOTAL.		202	

Appliquant la formule de l'article 185, on a $p = 102$; $p' = 100$; $d = 54$; $d' = 24$, et par conséquent $x = 33$ à 34. C'est, à-peu-près, la pesanteur du verre résultant de cette composition.

195. Si l'on demandoit la pesanteur d'un alliage de trois verres différens, on la trouverait par la formule suivante :

Soient p, p', p'' les poids absolus du 1er, du 2e. et du 3e. verre ; d, d' et d'' leurs densités respectives ; x la densité de l'alliage.

Opérant comme pour l'article 185, on trouvera $x = \frac{(p + p' + p'')dd'd''}{pd'd'' + p'dd'' + pdd'}$.

NOTE VII.

196. La préparation du précipité de Cassius ou pourpre minéral se trouve décrite avec clarté dans les ouvrages de Néri, dans le traité des couleurs pour la peinture en émail, par Montamy, dans l'art d'imiter les pierres précieuses par Fontanieu. Voici quelques-uns de ces procédés. On suppose toujours l'or et l'étain purs et réduits en feuilles très-minces. S'ils ne l'étaient pas, on les y amenerait en les battant avec un marteau entre des feuilles de papier, à la manière des batteurs d'or. Il est toujours facile de se procurer de l'or pur. Quant à l'étain, on peut faire usage des feuilles destinées à l'étamage des glaces. Il s'y trouve tout réduit à l'épaisseur convenable pour sa dissolution.

PROCÉDÉ DE MONTAMY.

Préparation de l'acide nitro-muriatique (eau régale) pour la dissolution de l'or.

197. Mettez dans un vase, sur les cendres chaudes, savoir : acide nitrique . . 4 parties

Ajoutez peu-à-peu, muriate d'ammoniaque 1

Le muriate d'ammoniaque étant dissous, ajoutez peu-à-peu l'or en feuilles jusqu'à saturation.

Préparation de l'acide nitro-muriatique pour la dissolution de l'étain, à froid ;

198. Acide nitrique. . . . . 5 parties

Acide muriatique 1

On affoiblit cette liqueur en y ajoutant trois fois (en volume) autant d'eau.

On mettra successivement et peu-à-peu, à 24 heures d'intervalle, pendant 7 à 8 jours, des morceaux de feuilles d'étain qui s'y dissoudront et satureront la liqueur. On la filtrera et laissera reposer pendant deux ou trois jours.

On peut également se servir de la préparation n°. 197, refroidie, pour la dissolution d'étain.

Précipitation de l'or par l'étain.

199. Si l'on mêle ensemble 1 partie (en volume) de dissolution d'or (n°. 197) et 3 parties de dissolution d'étain (n°. 198), il se fera un précipité d'oxide d'or mêlé d'étain, connu sous le nom de précipité de Cassius. On laissera reposer; on décantera la liqueur surnageante; on lavera le précipité; on le laissera sécher à l'ombre et on l'y conservera pour s'en servir au besoin.

200. Le procédé de Montamy est celui qui est le plus connu dans les manufactures; et, le plus souvent, au lieu de préparer d'avance le précipité, pour le conserver après l'avoir édulcoré, on prend le mélange des deux dissolutions d'or et d'étain (n°. 199) et l'on en arrose la composition de matières vitrifiables ou la fritte en mêlant le tout, le plus exactement possible, avant que d'enfourner dans les pots.

PROCÉDÉ DE FONTANIEU.

Préparation de l'acide nitro-muriatique pour dissoudre l'or à la chaleur du bain de sable.

201. Acide nitrique . . . . . 3 parties.
Acide muriatique 1

La dissolution de l'or s'exécute, comme on l'a dit (art. 197).

Préparation de l'acide nitro-muriatique pour dissoudre l'étain.

202. Acide nitrique . . . . . 5 parties.
Acide muriatique 1

On affaiblit la liqueur en y ajoutant deux fois (en poids) autant d'eau.

On voit que cette préparation ne diffère pas de celle de Montamy (n°. 198).

La dissolution de l'étain s'exécute de même: elle dure 12 à 14 jours.

Précipitation de l'or par l'étain.

203. On met dans un bocal, savoir :

Dissolution d'étain (en poids) . . 1 partie.
Eau pour l'étendre 16

On verse dans cette liqueur, goutte à goutte, de la dissolution d'or (n°. 201), ayant soin d'agiter le tout avec un tube de verre. Lorsque le mélange a pris une couleur pourpre foncée, on cesse de verser de la dissolution d'or.

On verse dans ce mélange 4 pintes d'urine fraîche. Six ou sept heures après, le précipité est rassemblé au fonds du vase. On décante la liqueur surnageante ; on lave le précipité une ou deux fois et on le fait sécher : on obtient une poudre brune.

Deuxième procédé de Fontanieu pour la précipitation de l'or par l'étain.

204. On verse dans une sarbotière d'étain fin, dont le fonds est épais, 1 partie (en poids) de dissolution d'or (n°. 201), trois minutes après, on verse dans cette sarbotière 16 parties (aussi en poids) d'eau. On laisse le mélange dans ce vase d'étain pendant sept heures, ayant soin de l'agiter toutes les heures avec un tube de verre. On le verse ensuite dans un tube de verre conique : on y ajoute 8 parties d'urine nouvelle. Le pourpre minéral ne tarde pas à se précipiter : on le lave et on le fait sécher.

NOTE VIII.

Préparation du muriate d'argent (*Lune cornée.*)

205. On fait dissoudre l'argent dans l'acide nitrique. Dans la dissolution on verse une solution de muriate de soude (sel marin). Il se fait un précipité blanc qu'on lave et qu'on fait sécher.

TABLE I.

De la tenacité de divers mélanges d'argile et de ciment, l'argile contenant 38 pour cent d'alumine et 60 à 62 pour 100 de silice.

La tenacité exprimée dans la colonne 4 est représentée par le poids (exprimé en onces) qu'il a fallu employer pour opérer la rupture d'un parallélipipède de 0,013 mètres (6 lignes) de côté, par un bras de levier de 0,040 mètres (18 lignes).

La colonne 5 exprime la tenacité par ligne quarrée, en supposant le bâton tiré sur sa longueur au lieu d'être rompu par un bras de levier,

Cette colonne a été calculée d'après les poids de la colonne 4.

Mélanges.		Alumine contenue dans l'argile.	Tenacité obtenue par un bras de levier.	Tenacité calculée par ligne quarrée pour une rupture opérée en tirant sur la longueur.
Argile crue.	Ciment.			
100	0	38	80	13,3
90	10	34	71	11,8
80	20	30	63	10,5
75	25	28	59	9,8
70	30	27	56	9,3
60	40	23	48	8,0
50	50	19	40	6,6
40	60	15	31	5,1

TABLE II.

De l'épaisseur que des pots de verrerie doivent avoir suivant leur hauteur et leur diamètre, d'après la tenacité de l'argile :

Tenacite éprouvée par un bras de levier.	Hauteur et diamètre, exprimés en pouces.					
	10	15	20	25	30	35
Onces.	Épaisseur exprimée en pouces et en dixièmes de pouces.					
30	1,0	2,4	4,3	6,8		
35	0,9	2,1	3,7	5,8		
40	0,8	1,8	3,2	5,1	7,3	
45	0,7	1,6	2,9	4,5	6,5	
50	0,6	1,4	2,6	4,0	5,8	
55	0,5	1,3	2,3	3,7	5,3	7,2
60	0,5	1,2	2,1	3,4	4,9	6,6
65	0,5	1,1	2,0	3,1	4,5	6,1
70	0,4	1,0	1,8	2,9	4,2	5,7

TABLE III.

De la pesanteur spécifique et de la porosité relative de différens mélanges d'argile et de ciment, cuits dans une arche à pots d'un four de coulage de glaces.

Mélanges d'argile et de ciment.		Alumine contenue dans 100 parties d'argile.	Pesanteur spécifique, en supposant celle de l'eau égale à 1000.	Porosité relative.
Argile.	Ciment.			
100	0	38	1886	1000
75	25	28	1872	1007
60	40	23	1856	1016
50	50	19	1839	1025
43	57	16	1821	1035
38	62	14	1803	1046
33	67	13	1784	1057

TABLE IV.

De la densité des rayons caloriques à différentes distances du centre d'un disque ardent, mésurées sur l'axe.

Le rayon du disque est pris pour unité des distances.

La dansité à la distance 1, est prise pour unité des densités:

Distances.	Densités.	Distances.	Densités.	Distances.	Densités.
1	1,00000	21	0,00327	41	0,00086
2	0,32193	22	0,00298	42	0,00082
3	0,15200	23	0,00273	43	0,00078
4	0,08746	24	0,00250	44	0,00074
5	0,05658	25	0,00231	45	0,00071
6	0,03951	26	0,00213	46	0,00068
7	0,02915	27	0,00198	47	0,00065
8	0,02237	28	0,00184	48	0,00063
9	0,01770	29	0,00171	49	0,00060
10	0,01469	30	0,00160	50	0,00058
11	0,01187	31	0,00150	60	0,00040
12	0,00998	32	0,00141	70	0,00029
13	0,00851	33	0,00132	80	0,00023
14	0,00734	34	0,00125	90	0,00018
15	0,00640	35	0,00118	100	0,00014
16	0,00562	36	0,00111	110	0,00012
17	0,00490	37	0,00105	120	0,00010
18	0,00445	38	0,00100	130	0,00009
19	0,00399	39	0,00095	140	0,00007
20	0,00360	40	0,00090	150	0,00006

TABLE V.

De la densité des rayons caloriques à différentes distances du centre de sphéricité comptées sur l'axe dans des fourneaux ardens de figure sphérique ou hémisphérique, La densité au centre de la sphère est exprimée par 1. Les distances sont comptées en partant du centre de sphéricité.

Le rayon est partagé en 10 parties égales ; ainsi, chaque unité de distance est la dixième partie du rayon.

	Distances comptées du centre.	Densité.	
		Dans la sphère.	Dans l'hémisphère.
Centre de sphéricité.	0	1,0000	0,5000
	1	0,9966	0,6384
	2	0,9865	0,7042
	3	0,9694	0,7402
	4	0,9448	0,7552
	5	0,9119	0,7529
	6	0,8697	0,7347
	7	0,8159	0,7002
	8	0,7472	0,6470
	9	0,6554	0,5680
Surface de la voûte.	10	0,5000	0,4233

TABLE VI.

De la pesanteur spécifique de quelques matières vitrifiables et de plusieurs verres, en supposant la pesanteur de l'eau égale à 100.

	Pesant. spécifique.
Quartz blanc demi-transparent et sable cristalisé.	258 à 265

Vitrifications au feu de verrerie ordinaire.

Verre fait avec le quartz et l'alkali fixe.	236 à 238
Demi-vitrification opaque faite avec la chaux et l'alkali.	300
Verre fait avec 100 parties de quartz, 8 de chaux vive, contenues dans 12 de carbonate de chaux et l'alkali fixe (art. 86). . .	242 à 243
Verre fait avec parties égales de quartz et de cendres des meilleures soudes d'Alicant (art. 89). .	252 à 253
Verre à vitres commun (art. 92).	268 à 270
Verre à bouteilles (art. 93). . .	264
Verre à bouteilles (art. 94). .	273

	Pesant. spécifique.
Verre fait avec l'alumine et l'alkali fixe.	270
Verre fait avec de l'argile contenant 62 pour cent de quartz, 38 d'alumine, et l'alkali fixe.	250
Basalte d'Écosse.	273
Verre fait avec le basalte d'Écosse pur.	281
Verre fait avec de l'oxide de manganèse pur.	327

Vitrifications au feu propre à la fabrication du cristal.

	Pesant. spécifique.
Litharge ou oxide de plomb fondu.	825
Verre de plomb provenant de la fusion du *minium* avec le moins de quartz possible pour déterminer la vitrification.	780
Cristal fait avec 100 parties de quartz, 50 à 60 de *minium* et de la potasse (art. 124).	280 à 300
Cristal fait avec 100 parties de quartz, 80 à 35 de *minium* et de la potasse (art. 125).	320 à 330

	Pesant. spécifique.
Verre de borax.	260
Cristal fait avec 100 parties de quartz, 150 de *minium*, 10 de borax et de la potasse (art. 128). .	350 à 360
Verre fait avec 100 parties de quartz, 200 de *minium* et de la potasse (art. 129).	380 à 400
Verre d'antimoine contenant le moins possible de silice et d'alumine par son action sur un creuset d'argile.	490 à 495

RAPPORT

FAIT

A L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

PAR MM. D'ARCET, FOURCROY
et BERTHOLLET.

RAPPORT

FAIT

A L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

PAR MM. D'ARCET, FOURCROY
et BERTHOLLET.

Extrait des Annales de Chimie, pour le mois de mai 1791.

LA verrerie est peut-être de tous les arts, celui qu'on peut soumettre le plus rigoureusement à des principes déterminés par la physique, celui par conséquent qui peut parvenir à la plus grande précision ; mais il demandait un observateur qui fût également familiarisé avec tous ces procédés et instruit en physique. M. Loysel possède ces deux qualités. Sa position et son zèle lui ont fait un devoir de s'occuper depuis long-tems de la perfection de la verrerie. Comme l'académie s'est toujours occupée du soin d'éclairer les arts, nous avons pensé qu'elle

entendrait avec intérêt un extrait détaillé de l'ouvrage dont elle nous a chargés de lui faire le rapport.

La vitrification, telle qu'elle a lieu en grand dans une verrerie, exige deux conditions principales : 1°. Un fourneau qui soit construit de substances qui puissent résister à l'action d'un feu violent et long-tems continué ; et des vaisseaux en état de contenir la matière vitrifiable en fusion, sans se fondre eux-mêmes ; 2°. des substances qui aient la propriété de se convertir par le moyen du feu en un verre solide et propre à l'espèce de fabrication que l'on a pour objet.

Des fourneaux et des creusets.

Il faut que la matière qui est employée à la construction des fourneaux et des creusets, puisse prendre et conserver les formes les plus convenables aux opérations de verrerie. L'argile possède cette propriété au plus haut dégré ; aussi, quoiqu'on fasse usage dans quelques verreries du grès, et qu'on mêle du quartz et du silex avec l'argile pour la construction des fourneaux, on l'a pourtant adoptée presque généralement pour la construction des fourneaux, et généralement pour celle des creusets.

L'argile pure ne peut être mise en fusion par aucun dégré de feu connu ; mais le mélange d'autres terres, et particulièrement de la terre calcaire, la fait entrer en fusion, quoique la terre calcaire soit elle-même infusible lorsqu'elle est seule. M. Loysel rapporte cette observation importante qui est due à l'un de nous, M. d'Arcet, et qui lui avait fait penser que la vitrification commençait par la terre calcaire, qui servait de fondant à l'argile : nous rappelerons une autre explication de ce phénomène, qui est dûe à un académicien, dont les opinions ont autant de poids en physique qu'en géométrie. Selon M. de la Place, une substance est infusible, parce que ses molécules restent adhérentes entr'elles, et qu'elles sont retenues par la force d'agrégation qui ne peut être vaincue par la force expansive de la chaleur ; de sorte qu'on peut considérer ces deux forces comme opposées. Si une autre substance agit par son affinité sur les molécules de celle qui était infusible, alors elle concourt avec l'action de la chaleur pour opérer la désunion de ses parties ; et si l'on représentait ces trois forces par des nombres, il faudrait opposer au nombre qui représenterait la résistance de l'agrégation, ceux qui représenteraient l'action de la chaleur et celle de l'affinité de

la seconde substance. Nous croyons devoir insister sur cette explication, parce qu'elle est parfaitement conforme aux lois qu'on observe dans les autres phénomènes chimiques, et qu'elle en fait disparaître une espèce d'exception. On pourrait lui opposer un ancien adage chimique : *Corpora non agunt nisi soluta ;* mais pour en faire sentir la fausseté, nous rappelerons seulement les propriétés d'un alliage que M. d'Arcet a fait connaître. Cet alliage se fond à une chaleur fort inférieure à celle qui est nécessaire pour faire entrer en fusion chacun des trois métaux qui le composent. Donc, ce n'est pas l'un de ces métaux qui, entrant spontanément en fusion, favorise celle des deux autres; mais, c'est leur affinité mutuelle, qui détermine la séparation de leurs molécules.

La propriété de résister au plus grand feu que possède l'argile pure, est plus ou moins altérée par les substances qui se trouvent mêlées avec elle. Le sable, le quartz et le mica n'empêchent pas une argile d'être propre à l'usage de la verrerie, pourvu qu'ils ne diminuent pas trop sa ductilité; mais il n'en est pas de même des matières bitumineuses, de la terre calcaire, du gyps, des pyrites, des oxides mé-

talliques ; ces substances la rendent plus ou moins fusible.

L'argile la plus blanche passe pour être la plus réfractaire ; mais M. Loysel remarque que la blancheur est un indice très-équivoque, parce qu'avec cette qualité, il peut se trouver dans l'argile beaucoup de terre calcaire ; or, cette terre nuit, non-seulement parce qu'elle rend l'argile fusible ; mais parce qu'elle rend les creusets poreux par le boursoufflement qu'elle cause, et qui est dû au dégagement du gaz acide carbonique par la chaleur. Un vingtième de terre calcaire rend seulement moins compacte que l'argile seule, un creuset exposé au feu de verrerie ; mais un dixième le rend sensiblement poreux.

Le choix de l'argile dans une verrerie mérite d'autant plus d'attention, que, s'il a été mauvais, toutes les dépenses d'une fabrication sont perdues.

L'argile propre aux fabrications de verrerie, doit avoir en même-tems les propriétés suivantes : 1°. elle doit être assez réfractaire pour ne pas se vitrifier, ou même plier sensiblement par l'action du feu auquel elle doit être exposée :

2°. elle doit avoir assez de ductilité pour recevoir et conserver les formes qu'on veut lui donner. L'auteur décrit les essais par lesquels on peut s'assurer si elle possède ces deux propriétés.

De l'essai de l'argile relativement à la qualité réfractaire.

M. Loysel propose trois épreuves : dans la première, après avoir réduit l'argile en petits morceaux, on sépare les parties étrangères qu'on peut y appercevoir, et après cela on examine si elle fait effervescence avec les acides minéraux ; l'effervescence prouve qu'elle n'est pas propre à résister à l'action du feu ; mais il est facile de voir que cette épreuve est incertaine.

Une seconde épreuve consiste à délayer l'argile avec de l'eau pour en faire une pâte, et à en former quelques bâtons prismatiques, et quelques creusets très-minces de cinq à six pouces de diamètre, et d'autant de hauteur ; de les dessécher doucement, et après cela, de les exposer cinq à six jours dans un four de verrerie. Les bâtons doivent être suspendus par leurs extrêmités sur deux supports. Au sortir du four, on porte ces objets dans un fourneau de recuisson pour les

faire refroidir par dégrés insensibles. Si les bâtons n'ont pas fléchi, si les creusets ont conservé leur figure, si les uns et les autres ne présentent pas de boursoufflures dans leurs cassures, ou peut juger que l'argile est bonne.

La troisième épreuve que l'auteur préfère aux autres, consiste à juger de la qualité réfractaire de l'argile, par l'action que l'alkali exerce sur elle au feu. On la mêle avec différentes doses d'alkali fixe dans des creusets de la même terre ou de toute autre reconnue pour bonne, et l'on compare la proportion qui est nécessaire pour opérer une vitrification complette avec celle qui produit le même effet sur un sable réfractaire exposé au même dégré de feu. L'auteur a reconnu que s'il fallait 8 onces d'alkali pour vitrifier une livre de sable d'Aumont près Senlis, et 10 onces du même alkali pour produire le même effet au même dégré de feu sur une livre d'argile cuite; cette argile pouvait être employée à la construction des fours et des creusets qui ne devaient pas subir un feu plus violent que celui de l'épreuve; si toutefois elle avait assez de liaison et de tenacité.

De l'essai des argiles relativement à leur tenacité.

La solidité des ouvrages faits avec l'argile dépend de la force de cohérence de ses parties. Cette force de cohérence, lorsque l'ouvrage a été séché par dégrés jusqu'à une température de 25 à 30 dégrés du thermomètre de Réaumur, est d'autant plus grande, que l'argile avait plus de ductilité lorsqu'elle était réduite en pâte, de sorte que l'une et l'autre de ces qualités doivent être confondues avec la tenacité de l'argile; mais cette tenacité est extrêmement variable; parmi les substances étrangères qui la modifient, c'est le sable qui la diminue le plus.

Toutes les parties du four de fusion n'ont pas besoin de la même tenacité, les massifs les plus épais exigent beaucoup de porosité pour la dissipation de l'humidité; mais les creusets exigent une argile compacte et tenace pour être moins attaquables par les fondans, et pour résister à la pression du verre qu'ils contiennent. Il convient donc de pouvoir déterminer quel est le dégré de tenacité dont chaque objet a besoin. De différens moyens que M. Loysel a tentés, l'on va voir celui qui lui a le mieux reussi.

Il forme avec l'argile qu'il éprouve, de petits bâtons parallélipipèdes ; il les laisse sécher à la température de 25 dégrés, après cela il les dresse, et il réduit une de leurs extrémités à une dimension de 6 lignes dans les quatre côtés : il emboite cette extrémité dans une cavité cubique, et à 18 lignes de distance ; il place le couteau d'une balance sur le bassin de laquelle il verse du sable jusqu'à ce que la fracture se fasse dans la partie qui n'a que 6 lignes dans ses dimensions, et il évalue par le poids de la balance du sable et du morceau fracturé, la tenacité de l'argile ; mais pour éviter les erreurs qui pourraient venir de quelques pailles ou de quelques fêlures accidentelles, il soumet à l'épreuve plusieurs bâtons. Il a trouvé par ces épreuves que les constructions sont solides lorsque la tenacité de l'argile préparée pour les murs et la voûte d'un four de fusion de 8 pieds de diamètre est d'environ 24 onces, et celle des creusets de 3 pieds de diamètre sur 3 pouces et demi d'épaisseur dans la partie inférieure d'environ 56 onces ; mais les dégrés de tenacité dont on peut faire usage, ont des limites assez étendues, et peuvent encore changer suivant les dimensions qu'on emploie ; ainsi, l'on peut augmenter la

résistance qu'un creuset oppose à la rupture, en augmentant son épaisseur.

En connaissant par expérience quelles sont l'épaisseur et la tenacité de l'argile qui conviennent à des creusets d'une certaine dimension, l'on peut, par un calcul facile, déterminer quelles sont les épaisseurs qui conviennent dans d'autres dimensions. C'est ce que l'auteur a exécuté dans une table ; mais chaque épaisseur n'est calculée que pour la partie inférieure du bord des pots, qui est celle qui souffre la plus grande pression ; elle va en diminuant jusqu'à la partie supérieure où la pression est nulle.

Quoique la partie supérieure n'éprouve pas de pression, on lui donne cependant une épaisseur que l'on proportionne à la grandeur du creuset, pour qu'il ne soit pas exposé à être fendu par les petits chocs qu'il peut éprouver, et pour qu'il n'y ait pas trop d'inégalité dans la retraite pendant la dessiccation.

Le plus souvent on n'emploie pas l'argile telle que la nature la fournit, parce que sa propriété aglutinative lui fait retenir l'humidité avec opiniâtreté ; d'où vient que les vases qui en sont faits, sont sujets à contracter des fentes, et ils

s'attachent avec force aux formes de bois sur lesquelles on les moule. Pour remédier à cet inconvénient, on diminue la tenacité de l'argile, et on la rend plus poreuse, en y mêlant ou du sable ou de l'argile cuite à laquelle on donne improprement le nom de ciment, et que l'on réduit en poudre. On emploie de vieux creusets pour cet objet (1).

Le sable diminue beaucoup plus la tenacité, et est plus attaquable par les alkalis. On se contente de l'employer pour les constructions de moyenne épaisseur, dont chaque partie n'a besoin que d'une tenacité médiocre pour se soutenir; tels sont les parois des fours de fusion; mais le ciment s'emploie pour quelques autres parties du four, et sur-tout pour les pots.

Les maîtres de verrerie ont des opinions différentes sur le dégré de finesse qu'il convient de

---

(1) Outre les vieux creusets qui ne suffiraient pas pour tout le ciment qui est nécessaire, on cuit aussi de la même argile dans le four, pour lui ôter son gluten et sa tenacité; après cela on la pile et on la passe au moulin pour la convertir en ciment. Quant aux vieux creusets, on en sépare avec soin tout ce qu'il y a de verre attaché. (*Note de M. d'Arcet*).

donner au ciment ; mais on voit facilement que, si le ciment est grossier, la pâte est moins homogène, plus exposée à faire une retraite inégale, et à avoir des vides où les fondans s'introduisent. Il convient donc que le ciment soit réduit en poudre fine ; ce qu'on obtient en le passant dans des tamis de soie très-serrés.

Si l'on a déterminé la tenacité d'un mélange d'une argile et d'une quantité donnée de ciment, il sera facile de déterminer celle d'un autre mélange, car la tenacité du premier mélange sera à celle du second dans le même rapport que les deux quantités d'argile avec celle du ciment.

L'auteur a observé que les rapports de tenacité qui avaient été déterminés à un certain dégré de chaleur, se conservaient à peu de chose près à tout autre dégré de chaleur, pourvu qu'il fût égal pour les argiles que l'on comparait.

La retraite que l'argile prend au feu ; varie beaucoup dans les différentes espèces, et mérite une attention particulière. Si l'argile a beaucoup de retraite, elle retient l'eau avec plus de force, et se dessèche plus difficilement ; elle soutient plus difficilement les alternatives de chaud et de

froid ; elle se remplit de fentes et de crevasses par où les fondans pénètrent, et il en découle des larmes vitrifiées. Ce dernier inconvénient est sur-tout à craindre dans les verreries où les pots restent découverts, comme ils le sont dans celles où l'on fait usage de bois et non de charbon de terre ; alors, le verre qui découle de la voûte, se mêle à la matière vitrifiée, et produit dans les ouvrages des *larmes* et des *fils*.

Le ciment et le sable diminuent la retraite de l'argile en raison de leur quantité ; mais en même-tems ils diminuent sa tenacité, et en la rendant plus poreuse, ils la rendent plus sujette à être vitrifiée par les fondans. C'est en combinant ces différentes propriétés qu'un maître de verrerie doit déterminer le mélange qui lui convient. S'il se sert de pots couverts, il peut employer une proportion beaucoup plus grande de sable ou de ciment pour la voûte. Il y en a qui préfèrent le sable au ciment ; mais il faut distinguer le dégré de fusibilité de l'argile dont on fait usage ; car si le ciment a plus de fusibilité que le sable, comme cela arrive avec des argiles de qualité médiocre, alors c'est le sable qu'il faut préférer ; mais si l'on a une bonne argile, c'est le ciment qui convient le mieux.

De la construction des fours de fusion.

On connaît dans les verreries trois manières de construire les fours de fusion : 1°. en employant des briques molles ; 2°. en employant des briques séchées à la température ordinaire de l'athmosphère ; 3°. en employant des briques cuites au feu de briqueterie ordinaire.

Construction en briques molles.

On commence par faire dessécher l'argile dont on doit se servir, ensuite on sépare les corps étrangers sensibles à la vue ; on en casse les morceaux pour en visiter l'intérieur. Cette opération se nomme *l'épluchage de la terre*. Si l'argile contient beaucoup de pyrites, on fait *fondre la terre* en la délayant avec de l'eau et en la réduisant en coulis d'une consistance telle qu'elle puisse passer facilement au travers d'un tamis de crin ordinaire de boulanger, les plus grosses pyrites restent sur le tamis : celles qui passent au travers, tombent au fonds de la caisse où l'on reçoit le coulis avec le sable le plus gros ; en laissant reposer le coulis, la terre se précipite peu-à-peu, et on décante l'eau successivement

en la faisant sortir par des robinets placés sur un des côtés de la caisse, jusqu'à ce que le coulis ait assez de consistance pour être mélangé avec le sable ou le ciment. Cette opération dure deux mois et demi à trois mois. Après cela, on mêle le coulis en rejettant ce qui est au fonds de la caisse, avec le sable ou le ciment pour en faire une pâte consistante. Si l'argile ne contient point de pyrites, on la broie toute sèche sous une meule de grès, on passe la poudre au tamis, après cela on la mêle avec le sable ou le ciment; on fait fondre le mélange dans l'eau et on les réduit en pâte, ou bien on laisse fondre l'argile épluchée dans l'eau pendant 24 heures, et l'on y mêle le sable ou le ciment.

De quelque manière qu'on ait préparé la pâte, elle doit être d'une consistance telle qu'une balle de plomb du poids de 4 onces ne doive pas tomber de moins de 24 pouces de hauteur, ni de plus de 45 pouces pour s'y enfoncer de tout tout son diamètre.

Dans cet état, les briques seraient trop molles pour être propres à la construction d'un fourneau, et elles éprouveraient une trop grande retraite en séchant. Il convient donc de les laisser sécher sur un plancher de bois. Plus elles

sont fermes, meilleures elles sont à employer, pourvu qu'elles ne s'écrasent pas sous la batte de l'ouvrier, qui frappe de toutes ses forces pour unir entr'elles les différentes assises, et pour leur donner la courbure qu'exigent les différens voussoirs. Dans cet état, une balle de plomb de 4 onces ne doit pas tomber de moins de 25 pieds de hauteur, ni de plus de 35, pour s'y enfoncer de son demi-diamètre; mais une considération importante, c'est que toutes les briques doivent être sensiblement de la même consistance, afin que la retraite des différentes parties du fourneau se fasse le plus également possible.

Nous passerons les détails que l'auteur donne sur la construction des fours avec ces briques, et sur les précautions singulières que leur dessication exige.

Ce genre de construction est le meilleur qu'on connaisse dans les verreries. C'est celui qui occasionne le moins de gerçures, celui dont la dégradation est la plus lente. Il est sur-tout avantageux dans les verreries en verres fins, et dont les creusets sont découverts. Cependant il n'est en usage que dans les grands établissemens. La raison en est que cette construction exige plus de

soin, plus de tems et plus de dépense qu'aucune autre : elle exige de plus un bâtiment où il n'y ait pas d'autres fourneaux allumés, afin que le desséchement ne soit pas trop précipité.

La construction en briques séchées à l'air, ou bien en briques cuites, n'offre rien de particulier. Ce genre de construction devrait être réservé pour les verreries à pots couverts, et tout au plus pour les verreries en verre commun. L'on trouverait même de l'avantage à l'abandonner pour y substituer la première méthode, si l'avance des fonds nécessaires le permettait.

Fabrication des pots.

La pâte qui résulte du mélange d'argile et du ciment, se prépare comme pour les briques des fours ; seulement, elle doit avoir plus de consistance : une balle de plomb du poids de 4 onces, ne doit pas tomber de moins de 65 ou de 66 pouces de hauteur, ni de plus de 82 ou 83 pouces pour s'y enfoncer de tout son diamètre.

On connaît dans les verreries deux méthodes pour la fabrication des pots. Par la première, elle s'exécute dans un moule de bois garni in-

térieurement d'une toile forte et bien tendue, en appliquant successivement des rouleaux de pâte les uns au-dessus des autres. Dans la seconde, le potier conduit son ouvrage sans moule, il soude ensemble les rouleaux en les passant fortement entre ses mains. Cette seconde méthode est regardée comme la meilleure et plus exacte que la première.

Le desséchement des pots doit se faire à l'ombre et à l'abri des courans d'air, à une température de 10 à 15 dégrés : il doit être lent, pour que la retraite de la pâte se fasse également. Il faut aussi les garantir de la gelée et de l'humidité. Pour cela, lorsque les pots commencent à être secs, on les met dans un lieu clos où l'on élève peu-à-peu la chaleur jusqu'à 25 ou 30 dégrés. Ils sont après cela mis dans le four de cuisson que l'on nomme *arche*. On administre le feu par dégrés jusqu'à l'incandescence ; alors on les met dans le four de verrerie dont on a soin de diminuer la chaleur. On élève ensuite successivement le feu du four jusqu'à ce qu'il soit parvenu à son plus grand dégré de chaleur. Dans les grandes verreries, cet abaissement de la chaleur dure trois ou quatre heures ; mais ce tems ne suffit pas pour

opérer une dessication suffisante pour les pots qui ont de grandes dimensions : ceux-là restent ordinairement vides pendant le premier travail que l'on fait avec les autres pots.

De la chaleur des fourneaux de verrerie.

M. Loysel établit avec beaucoup de soin les principes que l'on doit à la chimie moderne, sur la combustion et la communication de la chaleur, pour en déduire les dispositions les plus avantageuses pour la construction des fours et pour la conduite du feu.

La chaleur est d'autant plus grande qu'il se fait une plus grande consommation d'air : l'entrée du foyer doit être entièrement libre à l'accès de l'air, et l'on doit en écarter, autant qu'il est possible, les vapeurs qui sortent du fourneau, et qui ne contiennent plus d'air propre à la combustion. Il suit de-là, que c'est une bonne méthode employée dans les fours de verrerie alimentés avec du charbon de terre, et d'un petit nombre de ceux où l'on brûle du bois, d'établir un courant d'air par un ou plusieurs canaux en voûte, le plus souvent souterraine, dont une des extrémités aboutisse au four, et l'autre extrémité se trouve placée au-dehors du

bâtiment où est le fourneau. et auquel on donne le nom de *halle*. On peut, par ce moyen, placer plusieurs fours de fusion de suite dans la même halle, sans que la combustion de l'un nuise à celle d'un autre; ce qui n'a pas lieu dans les autres dispositions. Celle qui approche le plus de cette première, c'est lorsque les portes de la halle se trouvent dans l'alignement des foyers; mais la plus mauvaise est celle qui est le plus communément employée dans les verreries où l'on brûle du bois, et dans laquelle les portes de la halle se trouvent sur le côté. La durée de la fonte et de la dépuration peut varier par la différence de la première à la troisième disposition de 18 à 34 heures.

L'air doit être échauffé avant de parvenir au foyer pour être moins éloigné du dégré où s'opère la combustion; il faut pour cela qu'il passe par le cendrier. Ordinairement dans les fours où l'on fait usage de bois, le courant est dirigé contre une petite voûte qui est au-dessus du cendrier; il faudrait, au contraire, qu'il fût dirigé immédiatement dans l'intérieur du four.

L'intérieur du four ne peut acquérir son plus haut dégré de chaleur qu'autant que celle qui est produite dans les foyers n'a pas la liberté de

s'échapper à mesure qu'elle est dégagée ; il est même nécessaire qu'elle soit distribuée avec autant d'égalité qu'il est possible dans toutes les parties de la capacité du four. Or, cet effet dépend de la grandeur et de la position des issues de la flamme et de la figure intérieure du four.

Il est facile de trouver par l'expérience dans chaque cas particulier le rapport qui doit exister entre l'entrée de l'air et la sortie de la flamme, en faisant d'abord les issues plus grandes qu'il ne convient, et les diminuant successivement avec des briques mobiles disposées pour cet usage, jusqu'à ce que le four paraisse dans le plus grand état d'incandescence.

La chaleur est la plus grande dans les parties où la flamme a le mouvement le plus rapide, et c'est ordinairement dans le voisinage des issues vers lesquelles elle se dirige naturellement. L'égalité de chaleur des pots placés dans le contour du four, dépend donc d'une égale distribution des issues de la flamme dans le même contour.

La figure intérieure du four influe aussi sensiblement sur le mouvement de la flamme, et par conséquent sur le dégré de chaleur qui en résulte, et sur l'égalité de sa distribution dans les

différens points de sa capacité. La coupe horisontale de presque tous nos fours de verrerie, est un carré ou un parallélogramme rectangle dans toute la partie occupée par les pots. De-là vient que le mouvement de la flamme est gêné dans le contour des pots placés dans les angles; que la chaleur y est plus petite que dans les autres pots, et qu'à mélanges égaux de matières vitrifiables, le verre y est plus mal affiné dans le même tems que dans les autres pots, et pour prévenir cet inconvénient, on est obligé d'augmenter la chaleur pour qu'elle soit suffisante pour ces pots. Il résulte de-là, 1°. une augmentation de dépense en combustibles; 2°. la vitrification et la destruction de la voûte par l'excès de chaleur; 3°. la voûte étant très-échauffée, on est obligé de laisser baisser la chaleur pour que l'affinage puisse se faire avant le travail du verre. M. Loysel voudrait donc qu'on changeât la figure des fours, et qu'on la formât d'une ligne courbe continue, comme on le pratique pour la voûte.

La voûte ou le dôme des fours est la partie dont les artistes se sont le plus occupés. Sa figure n'est pas la même dans toutes les verreries; mais dans un assez grand nombre sa courbe généra-

trice approche plus ou moins de la parabole ordinaire ; mais M. Loysel prouve par plusieurs considérations que la figure sphérique est la plus avantageuse.

Le charbon de terre et le bois peuvent également donner une chaleur non-seulement suffisante pour la vitrification, mais même capable de faire plier les pots.

La flamme peut être plus ou moins chargée de fuliginosité ; or toutes les fois qu'elle doit être en contact avec les matières vitrifiables, ces fuliginosités sont nuisibles. Elles colorent les matières vitrifiables et le verre ; elles occasionnent des réductions dans les oxides métalliques, si les compositions du verre en contiennent. Il y a des cas où l'intensité de la chaleur et la pureté de la flamme sont également essentielles, comme dans la fabrication de verre où les manœuvres exigent que les pots soient découverts. Dans d'autres cas, c'est l'intensité de la chaleur qui est la principale condition, comme dans les verreries où les pots sont couverts. Dans d'autres circonstances, enfin, la pureté de la flamme mérite le plus de considération, comme dans les opération de la calcination de la fritte.

Si la couleur du verre est indifférente, on

peut employer le charbon de terre indistinctement à toutes les opérations, pourvu qu'il n'entre pas d'oxide métallique dans les compositions, mais si l'on veut obtenir des fontes aussi promptes à doses égales de fondans dans les pots couverts que dans ceux qui sont découverts, il faut une chaleur plus intense, à cause de la résistance que l'argile oppose à la communication de la chaleur.

Les bois résineux donnent plus de fumée que les peupliers, le tilleul, etc. ceux-ci plus que le bouleau, le chêne, le charme, le hêtre. Les trois derniers occupent le premier rang pour le chauffage des fours de fusion, tant pour la pureté de la flamme que pour l'intensité de la chaleur.

pour obtenir la plus grande quantité de flamme et le moins de fumée possible, il faut entretenir constamment la même quantité de combustible dans le four, et par conséquent renouveller à petites quantités à la fois et à petits intervalles celui qui se consume.

L'on se rappelle que M. Loysel, pour déterminer la tenacité des différens mélanges d'argile et de ciment, d'argile et de sable, s'est servi de bâtons d'argile, dont chaque face

avait six lignes de largeur et autant d'épaisseur ; que ces bâtons ont été desséchés à un même dégré de chaleur, et qu'ils ont ensuite été rompus par des poids suspendus à 18 lignes de distance du plan de rupture. L'auteur a cherché quels étaient les rapports de la tenacité acquise avec les différens dégrés de chaleur auxquels ces bâtons ont été exposés. Il a donc préparé un grand nombre de bâtons avec la même argile, et dans chaque expérience il en a fait cuire au moins 4 ou 5 au même dégré de feu, pour exclure ceux dont les résultats deviendraient trop discordans en raison de l'inégalité de la pâte plus ou moins poreuse.

M. Loysel a fait ainsi six expériences depuis dix-sept degrés du thermomètre de Réaumur jusqu'à 234 ; puis ayant construit une courbe dont les ordonnées représentent les dégrés de température qu'avaient éprouvés les bâtons, et dont les abscisses représentaient les poids nécessaires à leur rupture ; il a trouvé que cette courbe se confondait sensiblement avec une parabole, et d'après l'équation de cette courbe, il détermine une loi entre les dégrés de température et les poids nécessaires à la rupture.

Les dégrés de chaleur qu'il a trouvés immé-

diatement avec le thermomètre ou par la règle précédente, sont comme il suit :

La chaleur des appartemens où l'on conserve les pots non cuits, ne doit pas être au-dessous de 25 dégrés, elle va quelquefois jusqu'à 40. Celle des arches ne doit pas être plus forte quand on y introduit les pots non cuits; on l'augmente peu-à-peu pendant huit jours. A cette époque, l'épreuve des bâtons a indiqué entre 900 et 1000 dégrés. La plus petite chaleur d'un grand four de verrerie, est selon la même épreuve d'environ 8000 dégrés. La chaleur plus ordinaire est de 10 à 11000 dégrés, et ne doit pas passer 14 à 15000 dégrés, parce qu'à cette dernière chaleur, des pots de deux pieds de diamètre interieur et de trois pouces et demi d'épaisseur, faits de bonne argile, crèvent sous la pression de 25 pouces de hauteur de verre.

L'on voit que M. Loysel s'est servi d'une propriété différente de celle qu'a employée M. Wedgwood. Le premier a choisi la tenacité et le second la retraite de l'argile pour déterminer le dégré de chaleur. La seconde méthode exige moins d'appareil. Mais peut-on réellement former par l'une ou l'autre méthode, une gra-

duation qui serve à prolonger l'échelle de nos thermomètres ? La chaleur à laquelle il a été possible à M. Loysel de faire des expériences comparatives, ne s'est élevé que de 17 dégrés à 234, espace beaucoup trop resserré pour pouvoir se flatter d'établir une progression qui doit s'étendre à 14000 dégrés.

De la vitrification et des matières vitrifiables.

L'auteur décrit ici la terre silicée à laquelle on a donné le nom de vitrifiable, et il indique les fondans métalliques et salins dont il détaille les propriétés dans les articles suivans. Nous ne le suivons pas dans les théories chimiques que son plan oblige à développer ; nous ne ferons qu'indiquer sa marche, et nous choisirons les observations qui sont particulières à l'art de la verrerie.

Du choix de la terre vitrifiable.

Le sable le plus blanc est le plus souvent mélangé d'autres substances terreuses. Pour l'en débarrasser, on le lave dans de l'eau propre en l'agitant et le retournant ; les parties terreuses,

plus légères que le sable, restent suspendues dans l'eau que l'on décante jusqu'à ce que l'eau sorte claire; alors on fait sécher le sable. S'il contient des matières combustibles qui puissent colorer le verre; on le fait rougir au feu pour opérer leur combustion. C'est ainsi qu'on prépare le sable destiné à former le beau verre.

Des terres métalliques considérées comme fondans.

De tous les oxides métalliques considérés comme fondans de la terre vitrifiable, ce sont les oxides de plomb qui sont le plus en usage dans les verreries, tant parce qu'ils peuvent vitrifier une plus grande dose de cette terre, que parce qu'ils sont les plus économiques, et qu'on peut les employer en assez grandes proportions sans que la blancheur du verre en soit altérée. C'est sur-tout le *minium* qu'on choisit. Si l'on se sert pour terre vitrifiable de cailloux pulvérisés, ou de sable blanc de la butte d'Aumont près Senlis, cinq livres de *minium* ne peuvent vitrifier complettement que deux livres de cette terre au feu ordinaire de verrerie. Le verre qui en résulte est d'une couleur jaune citron rempli de stries; sa pesanteur est à-peu-près

cinq fois celle de l'eau. Si la dose de terre est plus petite, la vitrification est plus prompte ; le verre qui en résulte est plus coloré et spécifiquement plus pesant. Plus il entre d'oxide de plomb dans une compositiou, moins le verre est fragile par l'alternative du chaud et du froid ; plus au contraire la terre vitrifiable domine, plus le verre est blanc, transparent, léger, fragile par l'alternative du chaud et du froid, et difficile à ramollir par la chaleur ; les proportions d'oxide de plomb et de sable doivent donc varier suivant l'objet qu'on en a vue.

De l'arsenic.

On évite l'usage de l'arsenic pour les verres dans lesquels entre l'oxide de plomb qui favorise la sublimation. Le moyen le plus efficace et le plus employé dans les verreries pour fixer l'arsenic, est de faire entrer en même-tems du nitre dans le mélange des matières vitrifiables. Lorsque l'arsenic entre en grande dose dans le verre, il lui donne une couleur laiteuse ; il peut même le rendre entièrement opaque. Comme le verre est quelquefois assez tendre pour être attaqué par les acides, il faut éviter l'arsenic pour tous les vases qui doivent contenir des boissons.

L'arsenic mêlé avec des matières charbonneuses et exposé au feu, se dissipe avec elles en s'enflammant avec violence. On a tiré parti de cette propriété. Lorsqu'on s'apperçoit pendant la fonte que le verre est coloré en jaune par défaut de calcination, et que la matière est trop pâteuse, alors quelques maîtres de verrerie sont dans l'usage de jeter des morceaux d'arsenic dans le verre en fusion; l'arsenic décolore un peu le verre, et sur-tout il lui donne en s'enflammant et se volatilisant, un mouvement qui facilite la dépuration du verre et la dissipation des bulles; mais on voit qu'il ne sert que comme remède à une négligence antérieure. L'avis de M. Loysel est, que l'on pourrait et que l'on devrait bannir absolument de la verrerie l'usage de l'arsenic.

Des fondans salins.

La potasse et la soude qu'on emploie comme fondans salins, varient considérablement par la quantité de terre et de sels neutres qu'elles contiennent. Pour les verres communs, on emploie souvent les cendres elles-mêmes. Dans tous les cas, on éprouve par des essais en petit quelles sont les proportions les plus convenables du sable et de l'alkali dont on fait usage.

Les sels neutres qui se trouvent mêlés à l'alkali ; ne nuisent pas seulement parce qu'ils en diminuent la proportion ; mais principalement parce que, ne pouvant se combiner avec la terre vitrifiable, ils se trouvent mêlangés dans toute la masse du verre, et y forment un corps étranger opaque. Dans cet état, le feu de verrerie le plus actif et le plus long-tems continué, serait à peine suffisant pour dissiper ces sels ; le remède le plus efficace que l'on ait pu trouver jusqu'à présent, consiste à diminuer la chaleur du fourneau, quand le tems de la fonte est passé. Les sels neutres, comme spécifiquement plus légers, s'élèvent à la surface d'où on les enlève pour travailler le verre, et ils forment ce qu'on appelle le *sel ou le fiel de verre* ; mais cette opération entraîne une perte de tems préjudiciable, et il peut rester du sel de verre dans les ouvrages que l'on fabrique. Il s'y trouve ordinairement sous la forme de fleurs blanches assez semblables à des flocons de neige. Ces sortes de verres sont fragiles, sur-tout quand une partie du sel de verre se trouve à la surface. Il serait donc important de dépouiller les alkalis des sels neutres qui s'y trouvent mêlés. M. Loysel se sert pour purifier ainsi la potasse de la propriété qu'elle a

de se dissoudre beaucoup plus abondamment dans l'eau que les sels neutres qu'elle peut contenir. Cent livres de dissolution saturée d'alkali fixe végétal contiennent 48 à 50 livres d'alkali, et cette dissolution marque 48 à 50 dégrés à l'aréomètre de M. Baumé. En poussant l'évaporation et la concentration de la dissolution alkaline jusqu'au 40e. dégré, la plus grande partie des sels étrangers se sépare, et ce qui en reste ne peut pas nuire. Cette méthode n'augmente que très-peu la dépense, parce que les meilleurs maîtres de verrerie sont dans l'usage de dissoudre la potasse pour en séparer la partie terreuse.

Pendant la fusion, l'acide carbonique se dégage et produit une effervescence qui oblige d'augmenter le nombre des fontes en mettant peu de matières à chaque fois, pour donner au gaz le tems de se dissiper; ce qui augmente le tems de la fusion. On éviterait les inconvéniens de cette effervescence si l'on mêlait, comme le propose M. Loysel, partie égale de chaux à l'alkali, en le dissolvant pour l'opération précédente. Cet alkali caustique est très-déliquescent; mais on peut, sans gêne, l'employer dans les verreries aussi-tôt après sa calcination.

L'alkali pur dissout une quantité de terre vitrifiable d'autant plus considérable que le feu que l'on emploie pour la dissolution a plus d'intensité ; ainsi le point de saturation dépend du dégré de chaleur employé ; de-là vient que les verres faits dans différens fourneaux sont plus ou moins alkalins, et par conséquent plus ou moins sujets à se décomposer ; car moins il reste d'alkali comme partie constituante du verre, plus le verre résiste à la décomposition. Si la proportion est telle qu'il ne reste que moins d'une partie d'alkali sur quatre parties de sable, le verre est très-solide ; mais si la chaleur employée est assez faible pour que le point de saturation n'ait pu s'obtenir que par la proportion d'une partie d'alkali sur une partie de sable, et si conséquemment le verre est composé de parties égales de sable et d'alkali, quoique net et transparent, ce verre est d'une composition lâche, et l'eau suffit pour l'attaquer et le résoudre en liqueur.

De la chaux.

La terre calcaire rend le verre dans lequel on la fait entrer moins sujet à attirer l'humidité, et moins fragile par l'alternative du chaud et du froid. La blancheur n'en est pas sensiblement

altérée ; mais pour éviter l'effervescence qui est produite par le dégagement du gaz acide carbonique, l'usage le plus ordinaire des verriers est d'employer de la chaux. On trouve encore dans cet usage l'avantage de brûler, pendant la calcination, les matières combustibles qui peuvent se rencontrer dans les terres ou pierres calcaires et qui altéreraient la blancheur du verre, et d'éviter l'humidité de la terre calcaire, dont l'évaporation se joignant au dégagement du gaz, facilite celle de l'alkali.

La terre végétale, celle qu'on obtient par le lessivage des cendres des végétaux, n'est employée que pour les verres les plus communs, parce qu'elle altère la blancheur. Comme elle est fusible par elle-même, tandis que la chaux ne l'est pas, on pourrait l'employer à grandes doses, sans crainte d'empêcher la vitrification du sable et de l'alkali, si l'on ne craignait la destruction des pots qu'elle corrode promptement. C'est ce qui a fait restreindre sa proportion à une livre environ contre deux livres de sable, et une quantité suffisante d'alkali.

Quoique la chaux exige pour la vitrification une plus grande proportion d'alkali que le sable, cependant les doses de sable et d'alkali étant

déterminées pour la vitrification, on peut encore en obtenir une bonne en ajoutant une certaine quantité de chaux ; d'où il résulte qu'avec une même quantité de fondans, on peut obtenir une quantité plus grande de verre, sans parler des bonnes qualités que la chaux lui communique ; néanmoins on ne peut en faire usage qu'avec beaucoup de modération, parce que le verre dans lequel elle entre vitrifie l'argile des pots dont la conservation est un objet important. Cette considération fait que l'on borne ordinairement la proportion de la chaux, de 10 à 15 livres contre 100 livres d'alkali, et 200 à 220 livres de terre vitrifiable.

Pour éviter l'action que le verre, où entre la terre calcaire, exerce sur les pots, il se présente un remède facile ; c'est de faire entrer dans la composition du verre une quantité d'argile assez grande, pour qu'il se trouve à cet égard dans un état de saturation ; c'est ce que l'on exécute pour les verres à bouteilles ; mais l'argile dont on se sert dans nos verreries donnant toujours un verre vert, on ne peut la faire entrer dans la composition des vérres blancs.

Un effet très-remarquable de la terre calcaire et de la terre végétale dans la vitrification est de

décomposer les sulfates à base d'alkali fixe, et principalement le sulfate de soude, quelle que soit la manière dont elle favorise le dégagement de leur acide. La terre calcaire peut être vitrifiée dans la proportion d'une partie contre 3 à 4 de sel suivant le dégré de feu. Cette propriété rend l'usage de la chaux et de la terre végétale très-avantageux dans les fabriques de verres communs où l'on emploie des soudes de vareck qui contiennent une assez grande quantité de sulfate de soude.

Des substances propres à purifier le verre.

Les substances que l'on emploie avec le plus d'avantage pour purifier le verre, sont l'oxide d'arsenic, le nitre et l'oxide de manganèse. L'on a déjà parlé de l'oxide d'arsenic.

Le nitre sert de fondant par sa partie alkaline, et il peut remplacer l'alcali selon la proportion de celui qu'il contient; mais la supériorité du prix qu'il a, empêcherait qu'on ne l'employât pour cet objet; c'est dans la vue de calciner ou plutôt de détruire les substances charbonneuses qu'on l'emploie lorsque les matières dont on fait usage n'ont pas été suffisamment calcinées.

C'est encore dans la même vue qu'on fait usage de l'oxide de manganèse. L'on sait que c'est à Schéele que l'on doit la connaissance de la manière dont agit cet oxide. Il détruit les substances charbonneuses en les brûlant par son oxigène. Naturellement il donne une couleur rouge violette au verre, dans lequel on le fait entrer ; mais lorsqu'il est privé d'une partie de son oxigène par la combustion des substances charbonneuses, il perd lui-même sa couleur et laisse un verre blanc. On conçoit, d'après cela, les effets que produisent ses différentes proportions ; s'il se trouve en trop petite quantité, il ne détruit pas toute la couleur jaune qui est dûe aux parties charbonneuses dans les matières qui ne sont pas suffisamment calcinées ; s'il est employé en trop grande quantité, il donne au verre plus ou moins de la couleur qui lui est propre.

L'oxide de manganèse ne peut détruire que la couleur qui est dûe aux substances charbonneuses, et non celle qui est dûe aux substances métalliques, telles que le fer, le plomb, le cobalt ; alors il donne naissance à une couleur mixte qui provient de celle qui lui est propre

et de celle qui est produite par un autre métal.

Si l'on veut donner au verre la couleur de l'oxide de manganèse, il faut employer des matières bien calcinées, et éviter l'arsenic qui lui enleverait l'oxigène. Le nitre peut rétablir sa couleur, si elle a été détruite, parce qu'il lui rend de l'oxigène.

Quelquefois l'on veut donner une légère teinte verte au verre pour la substituer à une couleur jaune produite par un oxide métallique; alors on ajoute un peu d'oxide de cobalt, dont la couleur bleue alliée avec le jaune produit du vert.

L'oxide de manganèse fait un verre qui a une pesanteur spécifique plus grande que celle du verre ordinaire; de-là vient que dans plusieurs verreries le verre du fonds des pots est violet. On peut être assuré, lorsque cela arrive, que la proportion de la manganèse est trop considérable. Pour remédier à cet inconvénient, on est dans l'usage d'augmenter la chaleur du fourneau, pour donner plus de fluidité au verre, et de l'agiter avec une barre de fer. On se persuade que l'on dissipe par-là la manganèse; mais

on ne fait que la distribuer dans toute la masse. Un remède plus efficace est de porter une substance combustible dans le verre pour détruire sa couleur, par exemple, de l'arsenic, du charbon, du soufre, etc.

De la calcination des matières vitrifiables.

La calcination est une préparation importante des matières vitrifiables ; ses principaux effets sont la séparation des substances volatiles qui ne doivent pas entrer comme parties constituantes dans le verre, et la combustion des substances charbonneuses qui, sans cette opération, colorent toujours le verre.

La calcination se fait d'autant mieux, 1°. que les substances à calciner présentent une plus grande surface au contact de l'air ; 2°. que la chaleur à laquelle elles sont exposées est plus exempte des fumées du bois ou du charbon qui entretiennent le feu. Pour remplir la première condition, la chaleur ne doit pas être portée jusqu'au point de faire entrer en fusion les substances capables d'y parvenir par l'action du feu. De plus, la chaleur doit être administrée avec ménagement, et s'accroître par dégrés successifs, afin que les substances volatiles qui se dégagent

ne le fassent pas avec assez d'impétuosité pour enlever avec elles une partie des substances fixes.

Le sable dont on se sert, est ordinairement plus ou moins blanc dans son état naturel ; mais il acquiert encore de la blancheur par la calcination, et le verre en devient plus beau. On peut pousser le feu au plus grand dégré sans inconvénient, lorsqu'on calcine le sable sans mélange; mais on se contente d'une chaleur modérée, à moins qu'on ne veuille faire le verre le plus beau. Ordinairement on ne calcine le sable que lorsqu'il est mêlé avec l'alkali fixe, la chaux, etc. comme on va le voir dans l'opération de la fritte.

La calcination de l'alkali est sur tout importante; on opère par-là le dégagement du gaz qui trouble la fonte ; on empêche une partie de l'évaporation de ce sel avant qu'il agisse comme dissolvant du sable, et sur-tout l'on brûle les substances charbonneuses qu'il retient toujours après les purifications les plus soignées.

Il faut éviter dans la purification des alkalis les vases qui pourraient leur communiquer des molécules colorantes, tels que les chaudières de fer. Celles de plomb sont préférables, parce que s'il s'en détache quelques parties, il n'en

résulte aucun inconvénient sensible pour la blancheur du verre.

C'est sur-tout pour l'alkali que la chaleur doit être modérée avec beaucoup de soin, pour éviter dans les commencemens la fusion qui est dûe à l'eau qu'il contient et qu'on désigne par le nom de *fusion aqueuse*. On doit retourner souvent ce sel, et n'en pas calciner une trop grande quantité à-la-fois.

L'alkali fixe calciné se conserve sous forme concrète dans des appartemens à l'abri de l'humidité ; l'on n'a pas besoin de cette précaution pour la chaux et le sable.

Après avoir mêlé ces trois substances, on peut mettre le mélange à vitrifier dans les pots du four de fusion, ou bien lui faire subir une nouvelle calcination ; c'est ce que l'on appelle l'opération de la *fritte*. Si le mélange des matières vitrifiables ne subit point cette opération, on y ajoute en le faisant les substances dont on veut se servir, soit pour la purification du verre, telles que le nitre, l'arsenic, l'oxide de manganèse, soit pour y porter des couleurs, telles que différens oxides métalliques ; mais si l'on fritte le mélange, on n'y ajoute avant cette

opération que les oxides métalliques, qui doivent être dans leur dernier état de calcination.

De l'opération de la fritte.

L'opération de la fritte a deux objets ; le premier, d'achever la combussion des substances charbonneuses, et la dissipation des substances volatiles ; le second, d'incorporer entr'elles les substances vitrifiables, et de leur faire subir un commencement de combinaison qui doit s'achever par la vitrification.

Lorsqu'on fait un mélange d'alkali concret très-sec et de sable, et qu'on lui fait subir immédiatement le feu nécessaire à la vitrification, l'alkali entre promptement en fusion ; le sable plus pesant que cet alkali fluide, tombe au fonds du creuset, l'alkali surnage, il s'évapore avant que la dissolution de tout le sable soit opérée. Alors il restera dans le verre du sable non vitrifié, quoiqu'on ait employé une proportion d'alkali suffisante ou même surabondante. Cet inconvénient n'est que trop ordinaire dans les verreries où l'on ne fait pas usage de la fritte ; mais on l'évite par le commencement de combinaison que le sable, la chaux et l'alkali con-

tractent dans cette opération, et qui les tient réunis jusqu'à ce que la vitrification soit achevée.

Le mélange exact des matières vitrifiables peut seul produire le verre le plus blanc, qui est le plus propre à recevoir les différentes couleurs que peuvent lui communiquer les oxides métalliques. La fritte est donc une opération avantageuse pour les verres colorés, afin de n'être pas exposé à produire des tons de couleur faux.

Les matières vitrifiables nouvellement frittées détruisent et corrodent moins les creusets que celles qui ne l'ont pas été, 1°. parce qu'elles sont exemptes d'humidité; 2°. parce que l'alkali n'y est plus dans un état de liberté.

Quand on se propose d'augmenter la densité d'un verre par le moyen d'un oxide ou d'un verre métallique, tels que ceux de plomb, le verre qui en résulte est d'autant moins hétérogène que la combinaison est plus égale dans toutes les parties de la masse; or, le commencement de combinaison qui s'établit entre toutes les parties de la fritte empêche que l'oxide de plomb ne se précipite aussi facilement.

L'opération de la fritte s'exécute dans un ou plusieurs fourneaux qui sont adjacens au four de fusion, qui communiquent avec lui et auxquels on donne le nom d'*arches à fritte*, ou bien dans des fours paticuliers. Les arches à fritte sont préférables, parce que la flamme n'y parvient qu'après que toutes les parties du bois et du charbon ont eu le tems de se consumer, qu'elles peuvent être entretenues constamment au dégré de chaleur le plus convenable, sans obliger à une nouvelle dépense de combustible, et que les matières vitrifiables peuvent passer de-là dans le four, toutes blanches de chaleur; ce qui fait que la vitrification est plus prompte et les creusets moins sujets à être détruits que si l'on mettait des matières froides.

De la fusion des matières vitrifiables.

On est obligé de diminuer la chaleur du four dans le tems du travail du verre, afin qu'il prenne assez de consistance pour être mis en œuvre; mais comme les matières quil faut renouveler doivent occasionner un refroidissement, on rechauffe le four avant de les y introduire. Le tems du rechauffage varie dans les différentes verreries; mais il est ordinairement d'une ou de

deux heures pour des fours de 6 à 7 pieds de diamètre.

Le refroidissement occasionné par les matières que l'on enfourne, étant proportionné à leur masse, il faut éviter d'en introduire une trop grande quantité à-la-fois ; car un trop grand refroidissement pourrait occasionner même la rupture des pots. On remplit donc les pots à deux, trois ou quatre intervalles différens, et c'est ce qu'on appelle faire deux, trois ou quatre *fontes*.

La deuxième fonte ne doit succéder à la première que lorsque la vitrification de celle-ci est complette. On se sert de deux moyens pour s'en assurer. Le premier consiste à observer la fin de l'effervescence et de la dissipation de l'alkali surabondant à la vitrification ; ce qu'on reconnaît à la tranquillité de la fonte. Le second moyen consiste à tirer des essais de verre après la cessation des fumées qui proviennent de l'évaporation de l'alkali, et à examiner si les bulles sont dissipées. Dans ce cas, on peut faire la deuxième fonte. Il en est de même des suivantes.

Le tems employé à la vitrificatioe est distingué

par le nom de *tems de la fonte ;* celui que l'on emploie à la dissipation des bulles s'appelle *affinage*. On dit que le verre est *fin*, bien *affiné*, quand il ne contient point de bulles. S'il arrivait que l'on fît la deuxième fonte avant que le verre de la première fût bien affiné, le refroidissement qui en résulterait dans le verre de la première fonte, empêcherait la dissipation des bulles, au moins pendant tout le tems nécessaire pour lui rendre la première fluidité ; il en résulterait que l'affinage subséquent deviendrait très-long et très-pénible. Tandis que l'on enfourne dans les pots, on est obligé de tenir ouvertes les issues de la flamme, ce qui occasionne encore du refroidissement dans l'intérieur du four. Ces raisons font que l'on doit éviter également le trop grand et le trop petit nombres de fontes.

Aussi-tôt que le verre est affiné, on diminue la chaleur du four, en mettant moins de combustible, ou en cessant entièrement de chauffer suivant que le genre de fabrication appartient au soufflage ou au coulage du verre. Par la diminution de la chaleur, le verre prend de la consistance, et par-là il peut être travaillé. Pendant tout le tems du travail, la consistance doit être la même ; c'est pour cela que dans

l'opération du soufflage, dont le travail peut durer 5, 10, 15, 20 heures et plus, suivant l'espèce de fabrication, il faut entretenir la chaleur du four au même dégré; mais ce dégré de feu n'a pas besoin de la même intensité que pour les fontes et l'affinage.

On connaît dans les verreries deux méthodes de conduire les fontes, l'affinage et le travail du verre. Par la première, chaque opération se fait en même tems dans tous les pots; par la seconde, on fond et on affine dans une moitié des pots, tandis qu'on travaille le verre dans les autres. Il est aisé de voir que les verreries où l'on emploie cette dernière méthode, n'ont point un feu aussi vif que les autres. Pour suppléer à l'activité du feu, il faut employer plus de fondans pour opérer la vitrification, et il en reste une plus grande quantité dans la combinaison du verre, qui par-là est tendre et sujet à se décomposer. Il faut cependant excepter les verreries où l'on n'emploierait que des débris d'autres vitrifications ou des matières très-fusibles, telles que des laves, du basalte, etc.

De la recuisson du verre.

Les verres un peu épais, par exemple, de

deux à trois lignes, qu'on laisse refroidir en plein air, immédiatement après avoir été mis en œuvre, éprouvent une retraite qui se fait inégalement de la surface au centre, et par parties séparées à leurs surfaces à cause de l'inégalité de leur épaisseur. Ces sortes de verre se brisent souvent d'eux-mêmes en changeant de température; ils sautent en éclats quand on veut les entamer avec le diamant ou les travailler avec des outils pour les user. La recuisson remédie à ces inconvéniens : elle consiste à faire passer le verre lentement et par dégrés insensibles, depuis l'état d'incandescence où il se trouve dans le four de fusion, jusqu'à la température de l'athmosphère. Pour cela, lorsque le verre a été mis en œuvre, et a pris assez de consistance pour ne point changer de forme, on le porte, encore rouge de chaleur, dans un fourneau qui a sensiblement le même dégré de chaleur que la pièce qui vient d'être fabriquée. Alors on achève le refroidissement de l'une des deux manières suivantes : on remplit le fourneau de recuisson des ouvrages qu'on fabrique, en entretenant sa chaleur au même dégré pendant tout le tems du travail, et ensuite on le laisse refroidir lentement avec les ouvrages qu'il contient; ou bien on fait passer graduellement une ou plusieurs pièces

récemment fabriquées dans toute la longueur du fourneau, dont les dégrés de chaleur vont en diminuant d'une extrémité à l'autre, jusqu'à ce qu'elles soient parvenues par dégrés insensibles à la température de l'athmosphère.

La lenteur de la recuisson varie suivant la fragilité de chaque espèce de verre, et l'épaisseur des ouvrages ; ainsi un verre fait seulement avec des cailloux et de l'alkali fixe est plus difficile à recuire que s'il y entrait un oxide métallique ou de la chaux, et la première espèce est toujours plus cassante que la seconde par l'alternative du chaud et du froid. Les vases que l'on fait recuire doivent avoir assez de consistance pour ne pas s'attacher aux corps sur lesquels on les pose ; car l'inégalité entre leur retraite et celle du support, pourrait en occasionner la rupture. Le même accident arrive à des pièces faites de verres d'une retraite différente. La retraite de la pièce à recuire se fait d'autant plus facilement que ses surfaces ont moins de frottemens à vaincre ; c'est pour cela que les grandes tables de verre que l'on fait recuire, en posant sur une de leurs grandes surfaces, portent immédiatement sur des corps mobiles, tels que des grains de sable.

Des principaux défauts qui se trouvent dans les ouvrages de verre.

Les défauts les plus considérables sont les *stries*, les *fils*, les *larmes*, les *cordes*, les *bulles* ou *bouillons*, et les *nœuds*.

Les stries et les fils viennent de l'hétérogénéité du verre ; il est très-rare de trouver des morceaux de verre un peu considérables qui en soient exempts, et il est facile d'en appercevoir la raison.

Le verre provenant de la dissolution de la terre silicée par l'alkali fixe, au dégré du feu le plus ordinaire des verreries, a une pesanteur d'environ 23 à 24, celle de l'eau etant exprimée par 10 ; le verre fait avec l'alkali et l'argile dont on se sert communément pèse environ 25 ; celui de l'alkali et de la craie 27 à 28 ; l'oxide de manganèse vitrifié seul pèse 32 à 33 ; les verres provenans de différens oxides métalliques sont encore plus pesans ; celui de l'oxide de plomb, par exemple, pèse environ 72 à 73. Lorsque les combinaisons partielles des substances qui entrent dans la composition du verre, ne sont pas bien confondues ensemble, mais

qu'elles forment des couches de densité différente, elles forment des filets ondés, semblables à ceux qu'on observe quand on mêle ensemble deux liqueurs de densité différente, telles que l'eau et l'alkohol, avant que les deux liqueurs soient dans un état de combinaison réciproque et uniforme dans toutes leurs parties, et c'est-là l'origine des stries.

Comme on puise la matière des verres soufflés sensiblement dans la même partie, et comme dans le coulage, le creuset est subitement renversé et toutes les parties du verre mélangées, le verre soufflé est beaucoup plus homogène que celui qui est coulé.

On donne particulièrement le nom de *fils* aux filets qui viennent de la vitrification de l'argile; leur couleur est plus verte que celle des stries qui proviennent de la terre calcaire; les fils peuvent rendre le verre très-fragile lorsqu'ils sont abondans, ou que quelques-uns sont un peu gros, parce que le verre d'argile éprouve une dilatation par la chaleur, et une contraction par le froid très-différentes de celles du verre fait avec le sable et la terre silicée.

Les larmes sont le plus grand défaut qui puisse

se trouver dans le verre. Ce sont des gouttes de verre qui proviennent de la vitrification de l'argile du four de fusion. Les ouvrages dans lesquels il se trouve des larmes, sont tous fragiles. La plupart se brisent d'eux-mêmes par l'alternative de la chaleur et du froid, et ils sont d'autant plus sujets à cet accident, que la larme est plus près de la surface du verre. On met ordinairement au rebut dans la verrerie même les verres où se trouvent des larmes.

Les cordes sont des aspérités qui se trouvent à la surface de certains verres soufflés, et qui proviennent de ce que, pendant le travail du verre, la chaleur du four diminue assez pour que les filets de verre qui retombent de la canne dans le creuset ne puissent plus prendre le dégré de fluidité nécessaire. Quand on s'apperçoit qu'il se forme des cordes pendant le travail, on le cesse, et on réchauffe le four, jusqu'à ce que les cordes aient entièrement disparu en se fondant.

Les petites bulles qui se trouvent abondamment répandues dans certains verres, indiquent un mauvais affinage. Elles viennent du dégagement du gaz qui a lieu pendant la vitrification.

Les bulles annoncent ou que l'on a employé une trop petite quatité de fondans, ou que le feu n'a pas été assez actif. Dans le premier cas, le verre peut être employé à contenir des liqueurs, sans crainte qu'il en soit attaqué ; dans le second cas, le verre est tendre et facile à attaquer s'il a été fait avec un fondant alkalin, parce qu'il reste une trop grande quantité de sel dans sa combinaison.

Il peut encore se former des bulles dans le verre pendant le travail, par quelques substances étrangères qui se fixent et dont il se dégage du gaz par l'action de la chaleur. On donne dans quelques verreries le nom d'*entre-deux* aux bulles qui sont dûes à cette cause.

Les nœuds sont de trois espèces. Ils sont formés par des grains de sable enveloppés dans le verre, ou par le sel de verre qui se trouve dans quelques pièces en flocons blancs, ou enfin par des morceaux qui se sont détachés du creuset ou des parois du four.

L'extrait que nous venons de présenter prouve assez combien les travaux de M. Loysel, que l'académie a placé depuis long-tems parmi ses

correspondans, doivent contribuer aux progrès de la verrerie, et à donner à tous les procédés de cet art important le dégré de perfection qu'ils ne peuvent recevoir que d'une physique très-éclairée. Nous pensons que son ouvrage mérite l'approbation et les éloges de l'académie.

Au Louvre, le 21 janvier 1791.

FIN.

De l'Imprimerie des Instructions Décadaires, Recueil des Lois et Guide des Notaires, rue Neuve-Augustin, n°. 917.

fig. 1.

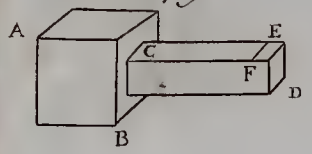


fig. 2.

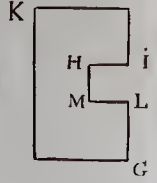


fig. 3.

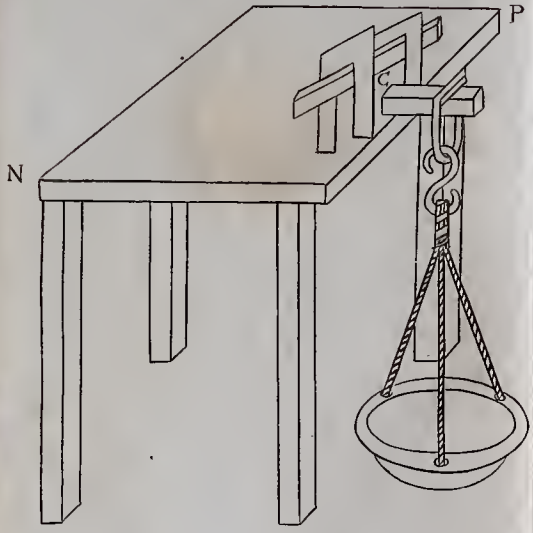
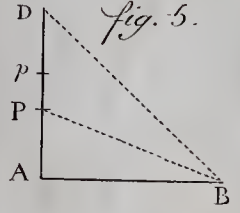


fig. 5.



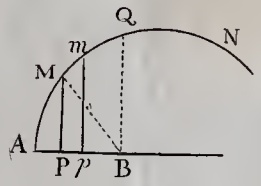


fig. 6.

fig. 7.

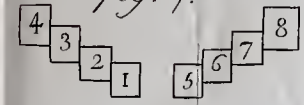
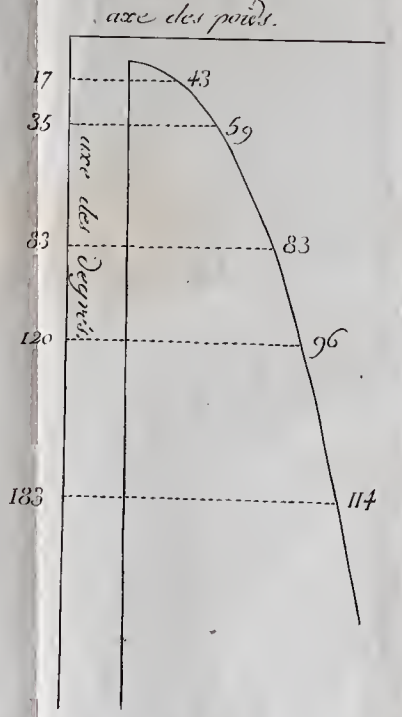


fig. 4.



814